Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven

Herausgegeben von

H. Friedrich

Direktor des Instituts für Meeresforschung

Band IV

Heft 1

mit 7 Tafeln und 17 Textabbildungen

1956

Kommissionsverlag Franz Leuwer, Bremen

Inhaltsverzeichnis

zu Band IV

Probleme des Verderbens von Fischkonserven in Dosen

II. Aminosäurendecarboxylase durch Organismen der Betabacterium Buchneri-Gruppe als Ursache bombierter Marinaden

Von Victor Meyer

Bei der bakteriologischen Untersuchung von aufgetriebenen Dosen mit marinierten Heringen wurde immer wieder auf Würzeagar in beherrschender Menge ein unbewegliches Stäbchen gefunden, das auf gewöhnlichem Fleischagar nur mäßig gedieh. Auffallend war, daß dieses Bakterium, gewonnen aus Marinaden, einem Eiweißsubstrat ohne freie Kohlenhydrate, icht in der Lage war, in Milchagar oder Bouillongelatine Eiweiß abzuauen. Die Tatsache aber, daß dieser Organismus in solchen Fischwaren raktisch vorherrschte, legte die Vermutung nahe, daß es sich um einen rheber dieser Bombagen handeln müsse. Den Nachweis für die Richtigeit dieser Vermutung zu erbringen, ist außerordentlich schwierig, da es aturgemäß nicht möglich ist, Fischmarinaden, die ja als Halbkonserven ergestellt werden, steril zuzubereiten.

Immerhin gelang es uns unter bestimmten Bedingungen, bei Beimpfung on Marinaden mit den von uns isolierten Organismen einen früheren eginn und eine stärkere Gasbildung hervorzurufen als in der unbeimpften ontrolle. Voraussetzung war, daß der pH-Wert höher als üblich lag. Wir erwendeten als Rohware Heringe, die nicht mehr ganz frisch waren, o daß der pH-Wert nach beendeter Garung bereits 4,6 erreichte. Der narinierte Hering wurde in Glasgefäße gepackt, die mit Gassammelflaschen ınd Niveaugefäßen verbunden waren. Nach Beendigung des Versuches anden wir in der unbeimpften Kontrolle einen pH-Wert von 4,6 und 168 mg Prozent Aminosäuren (Formoltitration nach Sörensen) und in der beimpften Ware einen End-pH von 5,0 und 590 mg Prozent Aminosäuren.

Es mußte zunächst versucht werden, einen einfachen Labortest zu finden, mit dem auf der einen Seite der Nachweis gelang, daß ein Organismus überhaupt für eine Bombage verantwortlich gemacht werden kann, und mit dem es auf der anderen Seite im bejahenden Falle möglich war, seine Kulturbedingungen zu studieren und schließlich Wege für seine Bekämpfung zu suchen.

In einer früheren Veröffentlichung (Meyer 1952) war festgestellt worden, daß das Gas aus Fischmarinaden, die auf biologischem Wege bombiert waren, überwiegend aus Kohlendioxyd bestand; es war weiter vermutet worden, daß dieses Gas durch Decarboxylierung von Aminosäuren entstanden sein mußte.

Nun wurde bei Versuchen, die mit Glutaminsäurepräparaten zur Qualitätsverbesserung von Fischwaren aller Art unternommen wurden, festgestellt, daß es bei einer Überdosierung der Präparate zu Bombagen kommen kann. Das legte die Vermutung nahe, daß die Glutaminsäure, die fraglos auch im Eiweißmolekül von Fischfleisch in hinreichender Menge und nach den Untersuchungen von FLORKIN (1955) sogar in freier Form vorliegt, bei der Decarboxylierung in Fischmarinaden eine entscheidende Rolle spielt.

Da außerdem das Mononatriumglutaminat (im folgenden als „Glutamat" bezeichnet) leicht beschaffbar und relativ wohlfeil war, wurden die meisten Versuche hiermit durchgeführt.

Der Nachweis einer Aminosäurendecarboxylierung kann erbracht werden durch ihre Endprodukte, nämlich Kohlendioxyd und die entsprechenden Amine (bzw. Aminosäuren bei Dicarbonsäuren); hierbei ist außerdem eine pH-Verschiebung nach der alkalischen Seite zu erwarten. Am sinnfälligsten ist der Nachweis durch die Gasbildung, der durch die Feststellung der pH-Verschiebung zweckmäßig ergänzt wird.

Zur Bestimmung der Gasbildung benutzten wir anfangs die bekannten Einhorn-Gärkölbchen und später bei den erforderlich werdenden größeren Versuchsserien Gärröhrchen nach BEGER (1948). Der Durchmesser der Röhrchen wurde so gewählt, daß 1 ml Inhalt einer Länge von 1 cm entsprach. Die gebildeten ml Gas konnten dann in für diese Zwecke hinreichender Genauigkeit durch Anlegen eines Zentimetermaßes abgelesen werden. Wegen des engen Durchmessers waren Watte- oder Zellstoffstopfen als Verschluß nicht besonders geeignet. Wegen der leichteren Handhabung erwiesen sich darübergestülpte Präparatengläser als zweckmäßig. Die „Durham-Röhrchen" waren nicht brauchbar, da in unseren Kulturen die Gasbildung häufig nur zögernd einsetzte und Kohlendioxyd alsbald durch Diffusion durch die Nährlösung ins Freie entwich; hierauf wird weiter unten noch einzugehen sein. Außerdem war eine gewisse quantitative und qualitative Erfassung des Gases mit dem Durham-Röhrchen nicht möglich.

Kohlendioxyd wurde in den Röhrchen durch Absorption mit Natriumhydroxyd, Wasserstoff durch Entzündung des etwa verbliebenen Restgases nachgewiesen.

Aber auch mit unseren Gärröhrchen war natürlich nur das Anfangsgas zu bestimmen, da die Nährlösung sehr bald durch das gebildete Gas aus dem geschlossenen in den freien Schenkel gedrückt wird und das dann entstehende Gas mehr oder weniger der Beobachtung entging. Der geschlossene Schenkel faßt 7—8 ml, was darüber hinaus gebildet wird, geht verloren. Wenn wir in unseren Tabellen „Höchstgas" schreiben, so ist das nur ein Relativwert, der durch die Art der Gärröhrchen bedingt ist. Für genauere Untersuchungen wurden solche Apparate zusammengestellt, in denen die Nährlösung während des ganzen Versuches im gleichen Gefäß verblieb und alles Gas in einer Sammelflasche aufgefangen werden konnte.

Die pH-Werte wurden elektrometrisch mit hochohmigen Glaselektroden bestimmt. (Verwendet wurde das Radiometer PHM 22.)

Bei der Entwicklung einer geeigneten Nährlösung gingen wir von der Zusammensetzung der Marinadenaufgüsse aus. Diese enthalten im wesentlichen Essig und Natriumchlorid sowie das durch den Marinierprozeß entstehende Eiweißhydrolysat. Als Ersatz für das zunächst nur schwierig zu definierende Hydrolysat wurde aus den zuvor angeführten Erwägungen das Glutamat gewählt. Nach vielen vergeblichen Versuchen, die alle aufzuführen zu weit ginge, wurden mit einer Nährlösung, die 1,5 % Essigsäure (am besten aus Malzessig, der offensichtlich essentielle Stoffe enthält), Natriumchlorid, Phosphate, 1—5 % Glutamat enthielt, und deren pH-Wert zwischen 4,0 und 4,5 lag, Erfolge erzielt. Die zusätzliche Verwendung von Vitaminen aus der B-Gruppe (B 6 und B 12) ergab endlich einigermaßen reproduzierbare Werte. Ebenso gut eigneten sich als Zusatz Abkochungen von Lebern oder Preß- bzw. Bierhefe, während Erdabkochungen sich nicht bewährten. Eine weitere Förderung der Umsetzungen konnte durch die Zugabe von Ascorbinsäure erreicht werden. Schließlich hat es sich als außerordentlich zweckmäßig erwiesen, in die Gärröhrchen einige Stückchen granulierte Tierkohle oder zerstoßene Tonscherben zu geben. Auch schwächer gasende Stämme, bei denen sonst nur eine pH-Verschiebung beobachtet wurde, schieden nach diesem Zusatz das Gas gut ab. Höchstwahrscheinlich wird durch diese Stoffe eine Grenzflächenreaktion, die sogenannte „Wandreaktion", ausgelöst.

Auf Grund der Vorversuche entwickelten wir folgende Grundnährlösung:

Glutamat	2,5
Natriumchlorid	2,0
Essigsäure (Malzessig)	1,0
K_2HPO_4	0,5
Aqua dest.	ad. 100

Das Wasser wurde in einer Quarzglasapparatur destilliert. Die Einstellung des pH-Wertes (auf 4,3 bis 4,5) erfolgte meistens mit KH_2PO_4 oder K_2HPO_4. In die mit Kohle versehenen und sterilisierten Gärröhrchen wurden nacheinander 1 ml Hefedekokt (10 Teile Preßhefe mit 90 Teilen H_2O kurz aufgekocht, durch Membranfilter filtriert und im Autoklaven 15 Minuten bei 121° C sterilisiert), 0,5 ml einer 1 %-Ascorbinsäurelösung und 10 ml der Grundnährlösung gefüllt und mit dem zu prüfenden Organismus beimpft. In der Regel wurden 0,5 ml einer Aufschwemmung einer drei Tage bei 37° C bebrüteten Würzeagarschrägkultur in 100 ml physiologischer Kochsalzlösung verwendet. Die Einsaat bewegte sich dann in der Größenordnung von 10^6 Keimen. Zum Schluß wurde die Kulturflüssigkeit im offenen Schenkel mit sterilem, flüssigem Paraffin überschichtet. Diese Maßnahme erwies sich als notwendig, da das im geschlossenen Schenkel des Gärröhrchens sich zunächst ansammelnde Kohlendioxyd mit dem Nachlassen der Gärung bzw. dem Ansteigen des pH-Wertes durch die Nähr-

lösung in den offenen Schenkel und schließlich ins Freie diffundierte. Dieser Vorgang konnte durch die Überschichtung mit Paraffin verzögert werden.

Da in biologische Untersuchungen unkontrollierbare Einflüsse hineinspielen können, haben wir uns bemüht, die Versuche auf möglichst breiter Basis durchzuführen. So haben wir bei zusammengehörenden größeren Versuchsreihen diese nach Möglichkeit nicht nacheinander, sondern gleichzeitig angesetzt, um gleiche Startbedingungen sowie gleiche Zusammensetzung und Reaktion der Nährmedien zu haben. Um evtl. später einsetzende Fermentierungen zu erfassen, wurden die Reihen vier Wochen beobachtet. Alle Versuche liefen doppelt und mit drei uns typisch erscheinenden Stämmen. Zum Vergleich wurden bei Bedarf noch andere Arten und Stämme hinzugezogen. So umfaßte eine Versuchsreihe nicht selten bis zu 600 Röhrchen. Sämtliche Reihen wurden zur Prüfung auf ihre Reproduzierbarkeit ein- oder mehrmals wiederholt. Nur so gelang es, zu eindeutigen Werten zu kommen. Für die Tabellen dieser Arbeit wurden nur die charakteristischen Ergebnisse herausgegriffen und alle gleichsinnigen Werte fortgelassen.

Bei den von mir geprüften Organismen setzte bei einer Bebrütungstemperatur von 37° C die Gasbildung frühestens nach zwei Tagen, gelegentlich aber auch erst nach 14 Tagen ein und hielt etwa ein bis zwei Wochen an. Der pH-Wert stieg im Laufe der Gärung von beispielsweise 4,5 auf etwa 5,5, je nach Intensität. Das aus Glutamat gebildete Gas war in allen Fällen ausschließlich CO_2. Als Endprodukt konnte γ-Aminobuttersäure papierchromatographisch nachgewiesen werden.*

Da es sich bei diesem Test nicht um einen reinen Enzymtest handelte, sondern um den Nachweis einer Bakterientätigkeit, bei der die fraglichen Fermente erst gebildet werden, spielten das Alter und die Einsaatmenge der verwendeten Kulturen keine Rolle. So konnten sechs Wochen alte Anzuchten ohne weiteres verwendet werden, sofern die Bakterien noch am Leben waren. Bei der Verwendung von Würzeagar als Aufbewahrungs- und Vorzuchtsmedium besteht die Gefahr, daß durch die Fermentierung der Kohlenhydrate soviel Säure gebildet wird, daß die Kulturen alsbald zugrunde gehen; so fanden wir in alten, abgestorbenen WA-Kulturen pH-Werte von 3,2. Ebenso wurden bei Einsaat von nur ganz wenigen Keimen völlig gleichartige Ergebnisse erzielt.

Die von uns geprüften Organismen wurden aus bombierten Kalt- und Bratmarinaden verschiedener Herkunft isoliert. Es handelte sich um unbewegliche, Gram-positive Stäbchen von 2 bis 6 μ Länge und einem Durchmesser von 0,9 μ. Auf Pferdefleischagar mit Witte-Pepton war das Wachstum nur spärlich, auf Würzeagar dagegen recht gut, wenn auch nicht üppig. Auf Kartoffel- und Mohrrübenkeilen zeigte sich ein sehr zartes Wachstum. Nitratreduktion und Katalase waren negativ, Gelatine wurde nicht verflüssigt und auf Magermilchagar zeigten sich keine Lösungshöfe.

*) Die Anfertigung und Auswertung der Papierchromatogramme für diese Arbeit besorgte Herr Dr. DIETRICH vom hiesigen Institut, der über den Eiweißabbau der Fische arbeitet. Für seine Mühewaltung möchte ich ihm auch an dieser Stelle meinen Dank sagen.

Lackmusmilch wurde weder gesäuert noch dickgelegt und reduziert. Aus Zuckern wurden Gas und Säuren, und zwar CO_2, Milchsäure und Essigsäure gebildet. Zur weiteren Identifizierung bedurfte es der Zuckerreihen, wofür jedoch erst ein geeignetes Nährmedium gefunden werden mußte. Es wurden geprüft Probazit-, Heringsmilch-, Stierhodenbouillon, Hefewasser, Pferde- und Rindfleischwasser, sämtlich unter Zusatz von Kasein-Pepton (Merck). Die Probazitbouillon war am wenigsten geeignet. Bei den übrigen Medien steigerte sich die Eignung in der Reihenfolge ihrer Aufzählung. In weiteren Versuchen gingen wir von der Bierwürze aus, da hierin gutes Wachstum vorgefunden wurde. Außerdem enthielt der beim Decarboxylasetest benutzte Malzessig als Grundsubstanz für die Herstellung eine Maische, die ihrem Charakter nach der Bierwürze entsprach. Zur Entfernung der Kohlenhydrate wurde die Würze mit Bierhefe vergoren, bis keine für unsere Organismen mehr vergärbaren Zucker vorhanden waren. Die Würze wurde dann durch Wasserdampfdestillation vom Alkohol und den mit Wasserdampf flüchtigen Säuren weitgehend befreit und im Verhältnis 1:1 bis 1:10 mit Aqua dest. verdünnt. Die Zucker wurden der so vorbehandelten Würze wie auch dem Peptonfleischwasser in einer Konzentration von 1 % zugesetzt. In der hefevergorenen Würze begann die Gasbildung aus Glukose bereits nach zwei Tagen. Auf Grund der Vorversuche vermuteten wir, daß es sich um heterofermentative Milchsäurebakterien handelte; wir zogen daher zum Vergleich drei bekannte Betabakterienstämme heran.

Das Ergebnis der Zuckerreihen war nicht immer befriedigend, da für die Fermentierung einiger Zucker nicht in allen Fällen eindeutige und reproduzierbare Werte erhalten wurden, so insbesondere, als die Versuche mit dem Kasein-Pepton-Rindfleischwasser wiederholt wurden. Offensichtlich spielt gerade bei der Zuckerreihe die Vollwertigkeit der Nährmedien eine entscheidende Rolle. So wäre beispielsweise für den Vergleichsstamm *Betabacterium Buchneri* nach Pederson (1938) und Bergey (1948) eine Vergärbarkeit für Mannose zu erwarten gewesen. Hervorstechend waren die kräftige Säuerung und Gasbildung aus Saccharose und Raffinose, vor allem aber die nur gelegentlich und dann nur später und schwach einsetzende Fermentierung der Lactose. Wie aus der Tabelle 1 hervorgeht, besteht eine große Übereinstimmung zwischen unseren Stämmen und *Betabacterium Buchneri*. Wenn dieser Organismus normalerweise auch in Sauerkraut und ähnlichen Substraten gefunden wird und unsere Stämme eine schwache Säuerung von Mannit zeigen, so halten wir uns doch noch nicht berechtigt, eine neue Spezies aufzustellen.* Hinzu kommt, daß auch

*) Herr Prof. Demeter, Weihenstephan, hat sich freundlicherweise der Mühe unterzogen, unsere Stämme nachzuprüfen und insbesondere die Zuckerreihen mit der Tomatennährlösung nach M. Briggs (1953) durchzuführen. Danach handelt es sich ausnahmslos um *Betabacterium Buchneri*. Hierfür sowie für die Überlassung der drei Vergleichsstämme möchten wir ihm auch an dieser Stelle unseren besonderen Dank sagen.

in den Aminosäurereihen, über die später noch berichtet wird, die größte Übereinstimmung mit *Betabacterium Buchneri* besteht (keine Tyrosin-Decarboxylase).

Tabelle 1: Z u c k e r r e i h e

N.L.: hefevergorene Bierwürze + 1% Zucker, pH 5.00.
+ positiv; — negativ; ohne Zeichen nicht durchgeführt

	unsere Stämme	unsere Stämme[1])	Betabact. Buchneri	Betabact. breve	Betabact. fermenti		unsere Stämme	unsere Stämme[1])	Betabact. Buchneri	Betabact. breve	Betabact. fermenti
Dextrose	+	+	+	+	+	Trehalose	—		—	—	—
Galactose	+		+	+	+	Aesculin	—	—	—	—	+
Fructose	+		+	+	+	Inulin	±		(+)	(±)	+
Lactose	±	+	+	—	+	Salicin	±	(+)	—	+	+
Maltose	+	+	+	+	+	Dextrin	—		—	—	(+)
Saccharose	+	+	+	+	+	Stärke	—		—	—	—
d-Raffinose	+	+	+	—	+	Glycogen	±		+	+	+
d-Mannose	—		—	—	+	Glycerin	—		—	—	+
l-Arabinose	+	+	+	+	+	Mannit	(±)		—	(+)	+
d-Xylose	+		+	+	+	Sorbit	—		—	—	(+)
d-Ribose	+		+	+	+	N.L. ohne					
l-Rhamnose	—		—	—	+	Zucker	—		—	—	—

[1]) in Lactobacillen-Medium nach M. Briggs, durchgeführt v. Herrn Prof. Dr. Demeter

In den folgenden Abschnitten sollen nun einige Versuchsreihen besprochen werden, die sich mit Problemen befassen, die für die praktische Herstellung von Marinaden von Bedeutung sein könnten. Es sind Fragen nach

Tabelle 2: p H - u n d S a l z r e i h e.

N.L.: Grundnährlösung + 10% hefevergorene Bierwürze mit verändertem Salzgehalt. pH-Einstellung mit Essigsäure.

Gasbeginn nach Tagen:

pH	Kochsalz in %								
	0.9	1.8	2.7	3.6	4.3	5.5	6.4	6.7	7.1
3.9	—	9	10	9	—	—	12	*)	
4.0	5	9	9	9	9	9	9		
4.1	5	5	5	5	6	6	9		
4.2	3	3	3	5	5	5	5		
4.3	3	3	3	5	5	5	5	9	21
4.4	3	3	3	3	5	5	5		
4.5	3	3	3	3	5	5	5		

*) ohne Zeichen nicht durchgeführt.

der Keimzahl, dem Salzgehalt, dem Bereich bzw. Optimum von pH-Wert, der Temperatur, dem Schwellenwert der Aminosäuren und schließlich die Frage, welche Aminosäuren neben der Glutaminsäure noch Quellen einer Gasbildung durch unsere Stämme sein können.

Daß die Anzahl der Keime, die eingesät wurden, keinen Einfluß auf den Gärverlauf hatte, deuteten wir oben schon an. In einer späteren Arbeit, die sich mit der Wirkung von Konservierungsmitteln auf die Bakterien befassen soll, werden wir hierauf noch näher eingehen.

Die Bedeutung des Salzgehaltes zeigt Tabelle 2. Danach nimmt die Wirkung von Natriumchlorid mit steigendem pH-Wert ab. Bei optimalem pH von 4,3 sind zur völligen Hemmung über 7 % NaCl nötig, während ab 4 % NaCl eine Hinauszögerung der Decarboxylierung eintritt.

Da Marinaden mit einem relativ niedrigen pH-Wert in den Handel kommen (etwa pH 4,0—4,5), ist das Verhalten der Betabacterien gegenüber Glutamat bei verschiedenem pH-Wert von entscheidender Bedeutung. Entsprechend der Herstellung der Marinaden wurde der pH-Wert der Nährlösung mit Essigsäure eingestellt. Nach den Ergebnissen der Tabelle 3 tritt

Tabelle 3: Einfluß des pH-Wertes auf die Decarboxylase.
N.L.: Rindfleischwasser + 1% Pepton + 0.3% NaCl + 0.2% K_2HPO_4 + 2.5 % Glutamat + Zusatz von Hefedekokt u. Ascorbinsäure.
pH-Einstellung mit Essigsäure auf pH 3.80—6.0.

pH nach der Sterilisation	End pH d. unbeimpft. Kontrolle	unser Stamm (M 297)				Betabact. breve				Betabact. Buchneri			
		End pH	△ pH	Gas-beginn	ml Höchstgas	End pH	△ pH	Gas-beginn	ml Höchstgas	End pH	△ pH	Gas-beginn	ml Höchstgas
5.92	5.89	6.50	+0.61	5.Tag	Bl*)	6.30	+0.41	5.Tag	B**)	6.80	+0.91	—	—
5.78	5.67	6.60	+0.93	4. „	0.4	6.45	+0.78	5. „	0.2	6.90	+1.23	4.Tag	B
5.55	5.43	6.45	+1.02	2. „	1.3	6.45	+1.02	4. „	0.3	6.59	+1.16	5. „	0.5
5.30	5.32	6.50	+1.18	2. „	1.7	6.25	+0.93	5. „	1.2	7.00	+1.68	4. „	0.6
5.13	5.10	6.52	+1.42	2. „	2.3	5.90	+0.80	4. „	3.7	7.00	+1.90	4. „	3.3
4.63	4.62	6.05	+1.43	2. „	>7.4	5.80	+1.18	4. „	7.1	6.15	+1.53	4. „	7.1
4.14	4.10	4.30	+0.20	5. „	4.1	3.90	—0.20	—	—	4.58	+0.48	14. „	2.2
3.89	3.85	3.70	—0.15	—	—	3.59	—0.26	—	—	4.08	+0.23	14. „	Bl
dto., pH-Einstellung mit HCl													
4.28	4.30	5.95	+1.65	2.Tag	4.2	5.92	+1.62	4.Tag	5.7	6.72	+2.42	4.Tag	2.6
4.08	4.05	5.55	+1.50	2. „	6.6	5.25	+1.20	4. „	6.0	6.08	+2.03	4. „	6.6
3.80	3.75	4.70	+0.95	2. „	6.6	4.75	+1.00	5. „	>6.8	5.62	+1.87	4. „	7.3

*) Bläschen **) Blase

die Gasbildung zwischen pH 4,0 und pH 6,0 ein; das Optimum dürfte bei etwa pH 4,3 liegen. Auf die Marinaden angewendet würde das bedeuten, daß man versuchen müßte, den pH-Wert unter 4,0 zu halten. Durch die

Freilegung des CO_2 bzw. Entstehung der γ-Aminobuttersäure wurde der pH-Wert teilweise um über zwei Einheiten nach oben verschoben.

Die aus unseren Nährlösungen, die mit Essigsäure eingestellt waren, gefundenen Werte stimmen nicht ganz mit den Ergebnissen überein, die GALE (1940) im Warburg-Apparat aus gewaschenen und abzentrifugierten Aufschwemmungen von *Escherichia coli* in Glutaminsäurelösungen erhalten hat, wo die Decarboxylierung schon bei pH 2,5 begann, ihr Optimum bei 4,2 hatte und bei 5,3 wieder aufhörte.

Wenn wir auch erst in der nächsten Arbeit über den Einfluß der verschiedenen Säuren auf die Aminosäurendecarboxylierung berichten wollen, so möchten wir doch schon jetzt darauf hinweisen, daß, wenn beispielsweise der pH mit Chlorwasserstoffsäure eingestellt wird, selbst bei pH 3,0 noch eine sehr kräftige Decarboxylierung einsetzt. Umgekehrt kommt es bei Verwendung von Propionsäure schon bei pH 4,25 nicht mehr zur Gasbildung. Daraus mag zunächst geschlossen werden, daß Essigsäure für die Praxis die am besten geeignete Mariniersäure ist.

Nun brauchte der pH-Bereich der Glutamat-Decarboxylase nicht unbedingt identisch zu sein mit dem pH-Bereich der sonstigen Lebensbedingungen dieser Mikroorganismen. Daher wurden in mehreren pH-Reihen mit Bierwürze, der nach unseren Erfahrungen optimalsten Nährlösung, die Wachstumsgrenzen geprüft. Wie die Tabelle 4 zeigt, vermochten die Betabacterien noch bei einem pH von 2,0 beträchtliche Gasmengen zu produzieren. Interessant war dabei, daß die Organismen im saueren Medium den pH-Wert nach oben verschoben und im neutraleren bis alkalischen nach unten, wobei sich, wenn man die Ansätze nur genügend lange stehenließ, in allen Fällen in der Würze ein mittlerer Wert um pH 4 herum einstellte. Bei einem in der gleichen Reihe mitlaufenden Versuch mit einem Stamm von *Escherichia coli* wurden ähnliche Ergebnisse erhalten mit dem Unterschied, daß der resultierende Mittelwert um etwa einen halben pH-Wert höher lag. Das gebildete Gas bestand zum Unterschied von den Betabacterien aus CO_2 und H_2.

Die Tatsache, daß sich aus saurer und aus neutraler oder gar alkalischer Nährlösung in allen Fällen annähernd derselbe mittlere pH-Wert herausbildet, könnte die Vermutung nahelegen, daß dieser Mittelwert gleichzeitig der optimale pH-Wert für die normalen Lebensbedingungen des betreffenden Organismus sei. Im Gegensatz hierzu wird aus der Glutamatdecarboxylierung in entsprechender Versuchsanordnung kein mittlerer pH-Wert gebildet; wir glauben daher, daß der Sinn der Aminbildung nicht so sehr in der Schaffung günstiger Milieubedingungen gesehen werden kann, wie es von KOESSLER und HANKE (1919) sowie GALE (1946) unter anderem diskutiert wurde.

Nach den Ergebnissen des folgenden Versuches halten wir es für wahrscheinlich, daß es sich vielmehr um eine energetische Frage handelt. Um das Einwirken der Decarboxylierungen in Abhängigkeit von der Ver-

Tabelle 4: Einfluß des pH-Wertes auf die Vergärung von Würze
N.L. Bierwürze mit Aqua dest. 1:1 verdünnt

Anfangs -pH	M 297				Escherichia coli (D 59)			
	End-pH	△ pH	Gas-beginn	Höchst-gas ml	End-pH	△ pH	Gas-beginn	Höchst-gas ml
2.3	3.92	+1.62	5. Tag	7.6	4.42	+2.12	6. Tag	0.5
2.4	4.03	+1.63	4. "	7.7	4.38	+1.98	6. "	0.5
2.6	4.04	+1.44	6. "	7.7	4.37	+1.77	6. "	0.7
2.8	4.08	+1.28	6. "	7.7	4.68	+1.88	4. "	3.8
3.1	4.22	+1.12	6. "	6.3	4.73	+1.63	4. "	3.4
3.3	3.99	+0.69	6. "	7.2	4.72	+1.42	4. "	4.7
3.5	4.07	+0.57	5. "	6.6	4.85	+1.35	4. "	4.7
3.7	4.09	+0.39	5. "	7.5	4.70	+1.00	4. "	3.5
4.0	4.25	+0.25	5. "	7.8	4.71	+0.71	4. "	2.8
4.4	nicht bestimmt		5. "	7.6	4.78	+0.38	4. "	3.5
4.8	4.10	—0.70	5. "	7.7	4.82	+0.02	4. "	3.5
5.15	4.27	—0.88	5. "	8.0	4.82	—0.33	4. "	2.7
5.5	4.00	—1.50	5. "	7.7	4.88	—0.62	4. "	3.0
5.8	4.12	—1.68	5. "	8.1	4.81	—0.99	4. "	3.4
5.95	4.19	—1.76	5. "	7 8	4.81	—1.24	4. "	3.4
6.15	4.20	—1.95	5. "	7.6	5.17	—0.98	4. "	3.9
6.12	4.12	—2.00	5. "	7.3	4.72	—1.40	4. "	3.0
6.32	4.31	—2.01	4. "	7.5	4.79	—1.53	4. "	3.1
6.6	4.28	—2.32	4. "	8.0	4.18	—2.42	4. "	8.1
6.8	3.92	—2.88	4. "	7.4	4.99	—1.81	4. "	4.1
7.25	4.58	—2.67	4. "	6.7	4.89	—2.36	4. "	3.5
7.75	3.98	—3.77	8. "	2.7	4.81	—2.94	4. "	4.4
8.0	4.27	—3.73	8. "	7.3	4.76	—3.24	4. "	3.7
8.25	4.16	—4.09	8. "	3.9	4.79	—3.46	4. "	4.4
8.5	5.99	—2.51	—	—	4.82	—3.68	4. "	6.4
8.75	6.90	—1.85	—	—	4.82	—3.93	4. "	4.1
8.85	4.31	—4.54	19. "	3.7	4.50	—4.35	4. "	6.2

mehrung der Bakterien zu studieren, verwendeten wir Erlenmeyerkolben mit 200 ml Inhalt mit einem zweifach durchbohrten Stopfen, durch dessen eine Öffnung ein 25 cm langes, oben offenes und mit einem Präparatenglas gegen Infektion geschütztes und bis eben über den Boden reichendes Steigrohr und durch dessen andere Öffnung ein mit Hahn versehenes, gebogenes, kurzes Rohr zum Anschluß an eine Gassammelflasche mit Niveaugefäß geführt wurde. Das Steigrohr diente zur laufenden Entnahme von Proben für Keimzahl und pH-Messung (mit Spezialindikatorpapier „Merck"). Das Gas wurde entnommen und nach Art und Menge analysiert,

sobald genügende Mengen vorlagen. Keimzahl und pH-Messungen wurden häufiger durchgeführt. Das Resultat des Versuches findet sich in Tabelle 5.

Tabelle 5: Abhängigkeit der Decarboxylase von der Keimvermehrung.
N.L.: Grundnährlösung + Hefedekokt und Ascorbinsäure.

Proben nach:	pH (Merck)	ml Gesamtgas	Keimzahlen
sofort	4.4		4×10^5
24 Stunden	4.7		1×10^7
48 "	5.1	101	4×10^8
53 "	5.2	134	4×10^8
72 "	5.5	165	2×10^8
5 Tagen	5.5	192	2×10^7

Schon nach 24 Stunden zeigte sich neben einer Bakterienvermehrung von 4×10^5 auf 1×10^7 eine pH-Verschiebung nach oben, die wir so deuten möchten, daß die Decarboxylierung sofort mit der Bakterienvermehrung beginnt. Da in unserer Nährlösung Kohlenhydrate fehlen, kommt als Energiequelle nur das Glutamat in Frage, was zeigen würde, daß die Decarboxylierung diesen Organismen als Betriebsstoffquelle dient. Die Gasbildung setzte etwas später ein, da die zunächst gebildeten CO_2-Mengen von der Nährlösung bis zur Sättigung aufgenommen werden. Nach 48 Stunden war in diesem Versuch die Höchstkeimzahl schon erreicht. Da die Bakterien nach einer gewissen Zeit zu Boden sinken, wäre es allerdings denkbar, daß in den späteren Stadien bei dieser Art der Probeentnahme nur die in der Lösung frei schwebenden Keime erfaßt wurden.

Ebenso wichtig wie der pH-Wert dürften für die Praxis die Temperaturen sein, bei denen die Bombageerreger sich entwickeln können. Bei unseren Laborversuchen in Gärröhrchen setzte die Gasbildung bei ZT nach 11—32, bei 27° C nach 2—17, bei 37° C nach 2—10 Tagen und bei 45° C praktisch überhaupt nicht ein. Diese Werte stimmen glücklicherweise nicht ganz mit den Erfahrungen der Praxis überein. Das dürfte damit zusammenhängen, daß in frisch hergestellten Marinaden in der Regel der Vorrat der durch die Essigsäurehydrolyse aus dem Fischeiweiß gebildeten Aminosäuren nicht groß genug ist, um erkennbare Kohlendioxydmengen entstehen zu lassen.

Damit kommen wir zu einem weiteren wichtigen Punkt, nämlich dem Schwellenwert der Aminosäuren, der mindestens vorliegen muß, damit es zu einer erkennbaren Decarboxylierung kommt. Es war zu prüfen, welche Menge Glutamat notwendig ist, um überhaupt eine Gasbildung in Erscheinung treten zu lassen, aus der dann eine sichtbare Bombage entstehen könnte. Wie die Tabelle 6 zeigt, setzte die Gasbildung erst bei einem Zusatz von 0,5 % Glutamat ein. Auf den ersten Blick mag das be-

Tabelle 6: Einfluß der Glutamatmenge auf die Decarboxylase. (Zusatz von Hefedekokt und Ascorbinsäure)

% Glutamat	End-pH der unbeimpften Kontr.	unser Stamm (M 297)				Betabact. Buchneri			
		End-pH	△ pH	Gasbeginn	Höchstgas ml	End-pH	△ pH	Gasbeginn	Höchstgas ml
N.L. A mit Hefe vergorene Bierwürze, 1+2 mit Aqua dest. verdünnt, + 1% NaCl + 0.25% K_2HPO_4 mit Essigsäure auf pH 4.3 eingestellt.									
0.10	4.42	4.81	+0.39	5. Tag	Bl	4.72	+0.30	14. Tag	Bl
0.25	4.40	4.75	+0.35	5. „	Bl	4.71	+0.31	5. „	Bl
0.50	4.45	5.18	+0.73	2. „	1.3	4.95	+0.50	2. „	1.5
0.75	4.48	5.18	+0.70	2. „	3.0	5.10	+0.62	2. „	1.4
1.0	4.48	5.19	+0.71	2. „	2.3	5.12	+0.64	2. „	2.9
1.5	4.48	5.41	+0.93	2. „	7.1	5.12	+0.64	4. „	6.2
2.0	4.55	5.38	+0.83	2. „	6.6	5.19	+0.64	4. „	6.7
N.L. B dto. + 1% Essigsäure mit n/1 NaOH auf pH 4.3 eingestellt.									
0.10	4.45	4.72	+0.27	5. Tag	Bl	4.45	±0.00	5. Tag	Bl
0.25	4.40	4.64	+0.24	5. „	B	4.55	+0.15	5. „	B
0.50	4.38	4.73	+0.35	2. „	0.9	4.62	+0.24	4. „	0.8
0.75	4.25	4.72	+0.47	4. „	2.4	4.62	+0.37	4. „	2.0
1.0	4.30	4.73	+0.43	4. „	2.3	4.63	+0.33	5. „	2.7
1.5	4.33	4.88	+0.55	2. „	6.1	4.75	+0.42	4. „	5.6
2.0	4.32	4.96	+0.64	2. „	7.6	4.82	+0.50	4. „	4.1
N.L. C Rindfleischwasser + 1% Pepton + 0.3% NaCl + 0.2% K_2HPO_4 mit Essigsäure auf pH 4.3 eingestellt									
0.10	4.25	4.68	+0.43	5. Tag	Bl	4.62	+0.37	5. Tag	Bl
0.25	4.25	4.70	+0.45	2. „	B	4.70	+0.45	4. „	0.3
0.50	4.30	4.88	+0.58	2. „	1.2	4.83	+0.53	4. „	1.5
0.75	4.38	5.09	+0.71	2. „	1.8	4.89	+0.51	4. „	1.9
1.0	4.33	5.11	+0.77	2. „	4.0	4.92	+0.59	4. „	3.2
1.5	4.32	5.31	+0.99	2. „	3.9	5.20	+0.88	4. „	2.6
2.0	4.33	5.78	+1.45	2. „	6.4	5.60	+1.27	4. „	4.4
N.L. D dto. + 1% Essigsäure mit n/1 NaOH auf pH 4.3 eingestellt.									
0.10	4.31	4.78	+0.46	5. Tag	Bl	4.72	+0.41	5. Tag	Bl
0.25	4.28	4.80	+0.52	4. „	B	4.73	+0.45	4. „	B
0.50	4.22	4.79	+0.57	4. „	0.9	4.79	+0.57	4. „	1.4
0.75	4.18	4.72	+0.54	4. „	2.4	4.61	+0.43	5. „	0.7
1.0	4.19	4.92	+0.73	2. „	4.0	4.80	+0.61	4. „	2.3
1.5	4.17	4.98	+0.81	2. „	6.2	4.87	+0.70	4. „	5.1
2.0	4.16	5.22	+1.06	2. „	6.9	5.12	+0.96	4. „	7.8

fremdend wirken, da Bakterien auf kleinste Stoffmengen zu reagieren pflegen. Es wird aber klar, wenn man die Löslichkeit von Kohlendioxyd in flüssigen Medien berücksichtigt. Erst die über die Löslichkeit hinausgehenden Gasmengen sind optisch erfaßbar. Nach stöchiometrischer Berechnung können aus 1 g Mononatriumglutaminat 0,26 g CO_2 gebildet werden; volumetrisch ausgedrückt sind das 132 ml Kohlendioxyd bei normalem Druck und 0° C. Da die Löslichkeit des Kohlendioxyds in einer gepufferten Nährlösung mit relativ niedrigem pH sich aus dem Absorptionskoeffizienten nicht errechnen läßt, mußte die CO_2-Löslichkeit für unsere Nährlösung bzw. die Aufgüsse von Marinaden erst geprüft werden. Zu diesem Zweck wurde durch diese Lösungen, die gleichzeitig auf verschiedene pH-Werte eingestellt wurden, bis zur Sättigung bei verschiedenen Temperaturen Kohlendioxyd durchgeleitet und dieses anschließend durch einen CO_2-freien Luftstrom zur gravimetrischen Bestimmung in einen Kaliapparat übergetrieben.

Nach den Ergebnissen dieser Untersuchungen lösen sich in 100 ml Aufguß oder Nährlösung mit pH 4,1 bei 37° C 80 mg CO_2 entsprechend 0,3 % Glutamat. Dieser errechnete Schwellenwert deckt sich also sehr gut mit den Resultaten des Glutamatmengenversuchs der Tabelle 6. Bei höherem pH und tieferer Temperatur ist die CO_2-Löslichkeit größer. Sie betrug z. B. bei pH 5,3 in unserer Grundnährlösung bei 37° C 102 mg CO_2 entsprechend 0,4 % und bei ZT. 161 mg CO_2 entsprechend 0,6 % Glutamat.

Wir haben die Schwellenwerte für die Aminosäuren errechnet, für die gegebenenfalls eine Decarboxylase zu erwarten ist, und in Tabelle 7 zu-

Tabelle 7: Beziehung zwischen CO_2-Löslichkeit und Aminosäuren in sauren Medien bei pH 4.0 und 5.3 und 37° C

	Molekulargewicht	mg CO_2 aus 1 g Aminosäure	1 g CO_2 entspricht g Aminosäure	Schwellenwert bei pH 4.1 in % Aminosäure	Schwellenwert bei pH 5.3 in % Aminosäure
Ornithin	132.16	333	3.02	0.24	0.31
Histidin	155.15	284	3.52	0.28	0.36
Tyrosin	181.18	242	4.12	0.33	0.42
Arginin	174.20	253	3.98	0.32	0.41
Lysin	146.19	301	3.32	0.27	0.33
Glutaminsäure	147.13	299	3.34	0.27	0.33
Glutamat	169.12	260	3.84	0.31	0.39
Dioxyphenylalanin	197.18	223	4.48	0.36	0.46
Phenylalanin	165.18	268	3.78	0.30	0.39
Asparaginsäure	133.10	330	3.03	0.24	0.31
Leucin	131.17	336	2.98	0.24	0.30
Serin	105.09	418	2.39	0.19	0.24
Valin	117.14	375	2.66	0.21	0.27
Tryptophan	204.22	216	4.64	0.37	0.47

sammengefaßt. Beim Vorliegen von Isomerengemischen müssen die Werte verdoppelt werden. Sie lassen unter Umständen eine grobe Berechnung der vergärbaren Aminosäuren zu, die in ursprünglich bombierten Marinaden vorgelegen haben, wenn Gasmenge und Druck in der Dose bekannt sind.

Für die Praxis bedeutet das, daß bei der Verwendung von Mononatriumglutaminat, das sich zur Aromaherstellung in Fischkonserven sehr gut eignet, die Zusätze über 0,2 % nicht hinausgehen sollten. Eine höhere Menge kann deshalb nicht empfohlen werden, weil normalerweise nicht bekannt ist, wieviel vergärbare Aminosäuren nach Art und Menge in den Marinaden vorgebildet sind.

Ebenso wichtig wie der Schwellenwert ist die Frage, welche Aminosäuren von den Bombageerregern decarboxyliert werden. Da noch keine endgültigen Unterlagen für die frei in den Marinaden vorkommenden Aminosäuren vorliegen, wurden außer Glutaminsäure die wichtigsten Aminosäuren auf ihre Decarboxylierbarkeit geprüft, wobei besonderer Wert auf die Säuren gelegt wurde, für die aus der Literatur eine Decarboxylierung durch Bakterien bekannt ist. Während GALE (1946) bei seinen Untersuchungen trotz Testung einer außerordentlich großen Anzahl von Bakterienstämmen immer nur die sechs Aminosäuren Ornithin, Lysin, Arginin, Histidin, Tyrosin und Glutaminsäure vergärbar fand, müssen sich nach anderen Autoren (WERLE 1951 und GUGGENHEIM 1951) noch weitere Aminosäuren durch Mikroorganismen decarboxylieren lassen. Teilweise sind nämlich die entsprechenden Amine als Stoffwechselprodukte bakterieller Umsetzungen bekannt (von Valin, Leucin, Serin und Tryptophan), zum Teil verlaufen die Decarboxylierungen nur etwas träger (Phenylalanin, Dioxyphenylalanin und Asparaginsäure). GALE (1946) vermutet bereits, daß die negativen Ergebnisse bei den anderen Aminosäuren auf die besonderen Verhältnisse im Warburg-Apparat zurückzuführen sind. Wir haben daher zunächst auf die Prüfung unserer Stämme im „Warburg" verzichtet und statt dessen, wie bei den übrigen Versuchen, Gärröhrchen verwendet, in diesem Falle jedoch in einer Mikroausführung, die es gestattet, mit weniger als einem ml Nährlösung auszukommen.

Die Mikrogärröhrchen wurden aus 12—13 cm langen Glasröhren mit einem lichten Durchmesser von 2—3 mm in der gleichen Form gebogen und mit Kohle beschickt. Die Füllung bereitete einige Schwierigkeiten; sie gelang aber, wenn wir die Röhrchen umgekehrt in einen kleinen Becher mit der Nährlösung stellten und im Vacuumtopf unter Unterdruck setzten. Die Luft wurde so aus den Röhrchen herausgezogen. Durch das Wiedereinströmenlassen der Luft in den Vacuumtopf wurde die Nährlösung in die Gärröhrchen hineingedrückt. Die Beimpfung der gefüllten Röhrchen sowie die Überschichtung mit Paraffin geschah mit einer Injektionsspritze. Für die Bestimmung des pH nach beendigter Gärung wurde die zugeschmolzene Kuppe des Gärröhrchens abgesprengt und der Inhalt der Kapillare in ein Porzellanschälchen mit oberem Durchmesser von 16 mm geblasen. Die pH-Messung ließ sich dann sogar noch mit den normalen Kugel-Glaselektroden durchführen.

Die Nährlösungen mit den verschiedenen Aminosäuren wurden auf einen pH von etwa 4,5 mit Malzessig eingestellt. Soweit aus der Literatur Hinweise für ein anderes pH-Optimum gegeben waren, wurden diese daneben berücksichtigt.

Da mit den Mikrogärröhrchen nicht in allen Fällen eine klare Entscheidung herbeigeführt werden konnte, ob eine Decarboxylase vorlag, haben wir den Inhalt nach beendigter Bebrütung papierchromatographisch untersucht. Als Lösungsmittel verwendeten wir u. a. eine Mischung von 1 Teil 0,1 n HCl, 1 Teil Butanol und 2 Teilen Propanol[1]) im aufsteigenden Chromatogramm. Die Anfärbung wurde nach MÜTING (1954) mit dem Folin-Reagenz durchgeführt. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß sich die einzelnen Aminosäuren außer durch die Rf-Werte auch noch durch verschiedene Farben unterscheiden. Die Papierchromatographie bewährte sich für die Erkennung des Abbaues gut; wir konnten auf der einen Seite in den positiven Fällen ein mehr oder minder starkes Verschwinden der Aminosäuren und auf der anderen Seite das Auftreten anderer Produkte mit anderen Rf-Werten und anderen Farben beobachten. Schließlich ist es durch sie leicht möglich, Verunreinigungen der Präparate festzustellen.

Tabelle 8: Decarboxylierung verschiedener Aminosäuren durch Betabakterien

N.L. 2.0 % NaCl
1.0 % Malzessig
0.5 % K_2HPO_4
+ 1% l-Aminosäuren bzw. 2% dl-Aminosäuren.

	unsere Stämme			Betabact. Buchneri	Betabact. breve	Betabact. fermenti	Ausgangs-pH
	M 290	M 295	M 297				
l-Ornithin	—	—	—	—	—	—	5.1
l-Histidin	—	—	—	—	—	—	4.0
l-Tyrosin	—	—	—	—	+	+	5.2
l-Arginin	+	+	+	+	+	+	4.8
l-Lysin	—	—	—	—	—	—	4.9
l-Glutaminsäure	+	+	+	+	+	+	4.5
d-l-Dioxyphenylalanin	—	—	—	—	—	—	4.6
d-l-Phenylalanin	—	—	—	—	—	—	4.5
l-Asparaginsäure	—	—	—	—	—	—	4.5
l-Leucin	—	—	—	—	—	—	4.5
d-l-Serin	—	—	—	—	—	—	4.5
d-l-Valin	(+)	(+)	(+)	(+)	—	—	4.5
d-l-Tryptophan	—	—	—	—	—	—	4.5
l-Cystein	—	—	—	—	—	—	4.6
l-Cystein + Glutamat	+	+	+	+	—	—	4.0
l-Histidin + Glutamat	+	+	+	+	+	+	4.4
N.L. ohne Aminosäure	—	—	—	—	—	—	4.5
N.L. mit Glutamat	+	+	+	+	+	+	4.5

Außerdem wurde bei folgenden Aminosäuren keine Decarboxylase gefunden: Methionin, Isoleucin, Threonin, Alanin, Glycin.

[1]) nach einem Vorschlag von Herrn Dr. K. MÜLLI, Hamburg, der in ähnlicher Weise wie wir den mikrobiellen Abbau von Aminosäuren papierchromatographisch verfolgt.

Nach unseren Untersuchungen (Tab. 8) wurden von unseren Stämmen und dem Vergleichsstamm *Betabacterium Buchneri* außer Glutaminsäure nur noch Arginin decarboxyliert. Beim Valin fanden wir eine geringe Aufhellung im Papierchromatogramm und in einer früheren Versuchsserie auch eine geringe Gasbildung. Wir möchten diese Ergebnisse aber noch nicht als endgültig ansehen. Die Vergleichsstämme *Betabacterium breve* und *Betabacterium fermenti* decarboxylierten daneben noch Tyrosin. Wir halten es für möglich, daß die Aminosäurendecarboxylierung sich als Unterscheidungsmerkmal für die systematische Eingliederung der Betabakterienarten neben den Zuckerreihen, die noch keine ideale Lösung darstellen dürften, eignen wird. Hierzu bedarf es jedoch noch weiterer eingehender Untersuchungen, wenn auch einzelne Resultate schon vorliegen, so von LAGERBORG und CLAPPER (1952), die sich mit der Decarboxylase bei oralen Lactobacillen befaßten.

Zusammenfassung:

1. Aus marinierten Heringspräserven wurde ein Betabacterium der Buchneri-Gruppe isoliert, das als ein Erreger von Bombagen angesehen werden kann.
2. Das durch den Organismus gebildete Gas besteht aus Kohlendioxyd, das wiederum beim Fehlen von freien Kohlenhydraten aus Aminosäuren durch Decarboxylierung gebildet wird.
3. Zum Nachweis der Aminosäurendecarboxylasen sowie zum Studium der Lebensbedingungen solcher Mikroorganismen wurde ein einfacher biologischer Test und ein geeignetes Nährmedium entwickelt.
4. Der pH-Bereich für die Glutaminsäuredecarboxylase liegt in essigsaurer Lösung zwischen 4,0 und 6,0 mit einem pH-Optimum bei 4,5. In salzsaurer Lösung liegt das pH-Minimum noch unter 3,0. Durch die Bildung von γ-Aminobuttersäure wird der pH-Wert nach oben verschoben.
5. In alkalischer oder stark saurer Würze stellt sich in allen Fällen durch die Umsetzungen der Betabakterien ein mittlerer pH-Wert von 4 ein.
6. Es wird wahrscheinlich gemacht, daß in kohlenhydratfreiem Nährmedium die Aminosäurendecarboxylasen energetischen Zwecken dienen.
7. Es wurden Schwellenwerte für die Entstehung von freiem Gas aus den Aminosäuren in Abhängigkeit von der Löslichkeit des Kohlendioxyds in den Nährmedien bestimmt.
8. Außer Glutaminsäure wurde von unseren Stämmen Arginin decarboxyliert.

Für die Praxis der Marinadenherstellung ergeben sich aus dieser Arbeit folgende Hinweise: Die Marinierung muß so gehalten werden, daß die Entwicklungsmöglichkeiten dieser Mikroorganismen eingeschränkt werden; d. h. der pH-Wert sollte 4,0 nicht wesentlich überschreiten, der Salzgehalt im Endgarbad nicht viel unter 6,0 liegen und die Lagerungstemperatur

unter allen Umständen niedrig gehalten werden. Bei Verwendung von Mononatriumglutaminat sind Mengen über 0,2 % tunlichst zu vermeiden.

Es ist uns eine angenehme Pflicht, der Gesellschaft zur Förderung des Instituts für Meeresforschung e. V. für die Unterstützung dieser Arbeit zu danken.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Victoı Meyer, Institut für Meeresforschung, Bremerhaven-G.

Literaturverzeichnis

BEGER, Hans, 1948: Leitfaden der bakteriologischen Trinkwasseruntersuchung. Berlin-München.

BERGEY, D. H., 1948: Manual of determinative Bacteriology. 6. Aufl. Baltimore.

BRIGGS, M., 1953: An improved medium for lactobacilli. Journ. Dairy Res. **20**, 36—40.

FLORKIN, M., 1955: Vortrag gehalten am 22. 2. 1955 vor dem Ärztlichen Verein, Hamburg.

GALE, E. F., 1940: The decarboxylation of amino-acids by strains of Bacterium coli. Bioch. Journ. **34**, 392—413.

— 1946: The bacterial amino acid decarboxylases in: F. F. Nord, Advances of Encymology. Vol. **6**, 1—32.

GUGGENHEIM, M., 1951: Die biogenen Amine. 4. Aufl. Basel / New York.

KOESSLER, K. K. u. M. T. HANKE, 1919: Studies on proteinogenous amines. Journ. Biol. Chem. **39**, 564—573.

MEYER, V., 1952: Probleme des Verderbens von Fischkonserven in Dosen. I. Die gasförmigen Zersetzungsprodukte. Veröff. Inst. f. Meeresforschung in Bremerhaven, **1**, 204—224.

MÜTING, D., 1954: Über den Aminosäurenaufbau der Eiweißkörper Gesunder und Kranker. Ztschr. f. Ges. Innere Medizin, **9**, 638—671.

LAGERBORG, V. A. u. W. E. CLAPPER, 1952: Amino acid decarboxylases of lactic acid bacteria. Journ. Bact. **63**, 393.

PEDERSON, C. S., 1938: The gas-producing species of the genus lactobacillus. Journ. Bact. **35**, 95—108.

WERLE, E., 1951: Aminosäure-Decarboxylasen. Angew. Chemie, **63**, 550—555.

Über die Entwicklung von *Castalia punctata*

(O. F. Müller),

(***Hesionidae,*** Polychaeta)

Von Karl Banse

Während die Grundzüge der Embryonalentwicklung der Polychaeten als bekannt gelten dürfen, sind in der Kenntnis der Larvalentwicklung selbst ganzer Familien noch große Lücken zu verzeichnen. Bei Untersuchungen im Freiland ist besonders störend das mangelnde Wissen über die Fortpflanzung auch sehr gemeiner Arten. Vom ökologischen Standpunkt aus ist vorerst Wert zu legen auf die bloße Kenntnis und damit Bestimmbarkeit der Larven und jungen Bodentiere. Kurze derartige Beschreibungen werden daher nur selten dem etwas bieten können, der tiefer in die Entwicklung der einzelnen Organe oder in das Verhalten der Jungtiere hineinzuschauen wünscht.

Im folgenden soll die Larvalentwicklung der boreal-lusitanischen Hesionide *Castalia punctata* geschildert werden. Sie ist in der Kieler Bucht auf grobem Sand, auf sekundären Hartböden, besonders aber in Schlickgebieten sehr häufig.

Methodik

Die Identifizierung der bereits von Gravely (1909) und Thorson (1946) unter anderem Namen beschriebenen Larven und der jungen Bodenstadien erfolgte durch Weiterzucht von älteren pelagischen Larven, die Ende November 1952 bei Terminfahrten des Forschungskutters „Südfall" in der Kieler Außenförde gefangen worden waren. Die Tiere wurden über Sand und Schlick in kleinen Petri-Schalen bei niedrigen Temperaturen (5—10° C) kultiviert. Das Wasser wurde weder belüftet noch gewechselt. Da als Nahrung nur wenige einzellige Grünlagen zugegeben worden waren, konnten erst Ende April 1953 Tiere mit 20 Segmenten fixiert werden. Sie zeigten im wesentlichen die Merkmale der Adulten. Ferner standen reichlich fixierte Larven aus Planktonfängen und Bodenstadien verschiedener Größe aus *bottle - collectors* nach Thorson und aus Dredschungen zur Verfügung.

Die Zeichnungen (außer Abb. 3) wurden an totem Material mit Zeichenspiegel angefertigt. Notizen aus Lebendbeobachtungen an Larven und Bodenstadien wurden dabei verwendet. — Als Segment 1 wird das 1. Tentakelzirrensegment bezeichnet. Die Längenangaben schließen die Zirren nicht mit ein.

Synonyme der Larven:

Syllid B: Gravely 1909 S. 4—7, Taf. 1, Fig. 3; Nolte 1941 S. 326—328, Abb. 314.

Eteone barbata: Thorson 1946 S. 62, Fig. 27

Zeit der Fortpflanzung

Bisher waren über die Fortpflanzung der Art nur von McIntosh (1908), Augener (1938) und Thorson (1946) kurze Beobachtungen mitgeteilt worden: Geschlechtsreife Tiere wurden im März (Augener: Kieler Bucht), vor allem aber im August/Sept.

(Öresund; Großbritannien) gefunden. Die Eier sind „groß" (McIntosh). Bei eigenen Untersuchungen an Pfählen im Kieler Hafen wurden im Februar 1953 Tiere mit vielen polygonalen Eiern gefunden, deren Durchmesser zwischen 40 und 60 μ schwankten. Im Juni 1953 wurde in der Kieler Außenförde ein ♀ gedredscht, das vom 10. definitiven Borstensegment ab die Leibeshöhle voll von größeren kugelrunden Eiern mit 105 μ Durchmesser trug; nur die letzten Segmente blieben davon frei. — Gravely fand seine Larven in der Irischen See im Juni oder August. Im Öresund (Thorson) treten die Larven erst im September auf und spielen bis Januar eine mitunter große Rolle im Larvenplankton (1941 und 1942). Bei der Zoologischen Station Kristineberg an der schwedischen Skagerrakküste wurden 1952 die Tiere ab Oktober im Plankton gefangen; bei Untersuchungen in der Kieler Außenförde vom November 1952 bis Dezember 1953 wurden Larven bis Dezember 1952 und ab November 1953 erbeutet. Im Winter sind auch die Jungtiere auf Sand und Schlick sehr häufig. Mittels *bottle - collectors* nach Thorson (1946) (ausgelegt in der Kieler Außenförde von Anfang April bis Anfang Juni 1951 in ca. 15 Meter Tiefe; von Anfang bis Ende Juni 1952 bei der hydrobiologischen Station Bornö / schwedische Skagerrakküste in 30 Meter Tiefe) wurden Jungtiere mit jeweils etwa 10 Borstensegmenten gefangen.

Während danach die Fortpflanzungsperiode der Art schon im Frühsommer beginnt, sind in der Beltsee die Larven doch nur im Herbstplankton von Bedeutung; im Öresund (Thorson 1946) gehören sie trotzdem zu den vier häufigsten Larven der erranten Polychaeten.

Pelagische Larven

Die kleinsten im Plankton gefangenen Stadien, die mit Sicherheit zu *Castalia punctata* gestellt werden können, sind ei- bis tropfenförmige, recht undifferenzierte Larven von 290 μ Länge und 200 μ Durchmesser.

Die sich daraus entwickelnde Metatrochophora besitzt eine sehr große Episphaere, die bis zum Beginn des Nektochaetastadiums erhalten bleibt. Ein Tier von 310 μ Länge wird in Abb. 1 wiedergegeben: Die Larve besitzt einen umlaufenden Prototroch, aber noch keine Augen. Die Parapodialanhänge der Segmente 2 und 3 und das dorsale Tentakelzirrenpaar des 1. Segments sind gerade angedeutet, schärfer abgesetzt sind die ventral inserierten Analzirren; die ersten Borsten werden herausgeschoben.

Wenn die Borsten des 4. Segments erscheinen, sind die Tiere etwa 340 μ lang. Auf jeder Seite der Episphaere sitzen 2—3 rote Augen; ein kleiner Akrotroch ist vorhanden, Paratroche und Telotroch fehlen überhaupt. Ein Paar Kopfanhänge, ebenso wie der unpaare Analanhang werden gerade sichtbar. Die Parapodiallappen sind deutlich ebenso wie die Anlagen ihrer dorsalen und ventralen Zirren. Eine Borste wird in Abb. 2 wiedergegeben: Der distale Teil ist nur 30 μ lang, schwach gesägt und wohl einspitzig. Jedes Ruder enthält etwa fünf Stück dieser Borsten. — Die Larven sind gute Schwimmer.

Metatrochophoren, die das 5. Borstensegment (6. Segment) mit Borsten versehen, erreichen 400—425 μ Länge. In der Form entsprechen sie der Metatrochophora II in Thorsons Abb. 27 A (1946). Mit sechs vollausgebil-

deten Segmenten messen die Tiere bereits 450—470 μ, mit sieben Segmenten sind sie bis 500 μ lang. GRAVELYS *„Syllid B"* aus der Irischen See ist mit sechs Segmenten etwa 500 μ groß; ein ähnliches Stadium mit reichlich sechs Segmenten aus dem Öresund bei THORSON hat allerdings eine Länge von etwa 550 μ. Die an der Skagerrakküste bei Kristineberg 1952 lebend

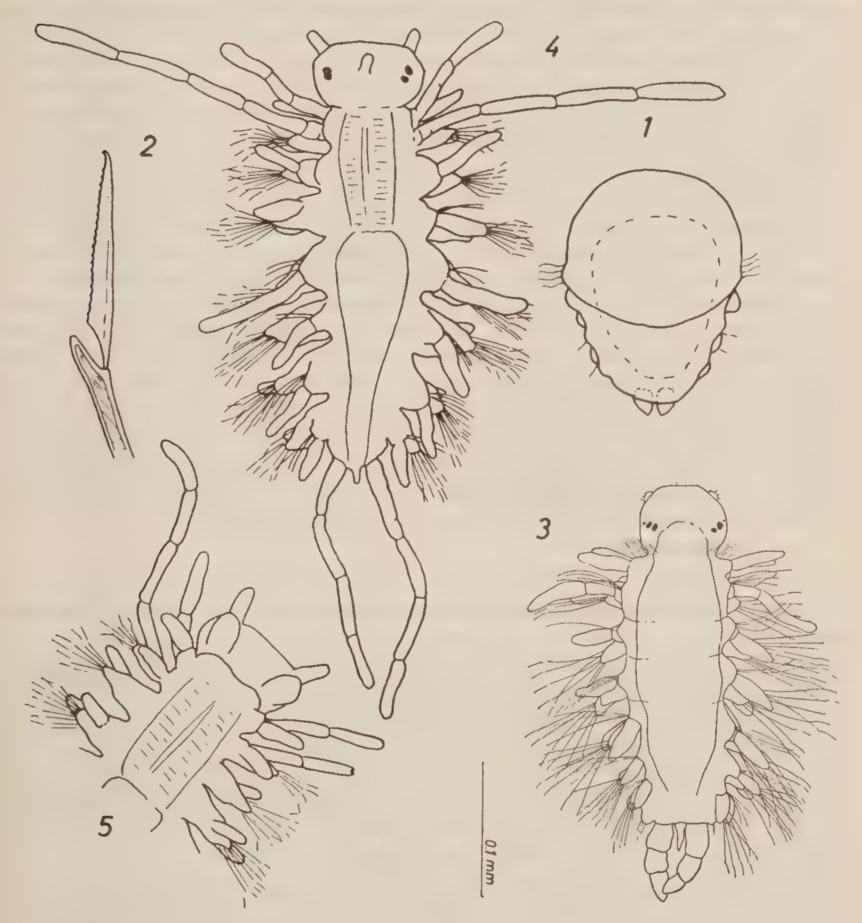


Abb. 1. Frühe Metatrochophora von oben, 310 μ.
Abb. 2. Larvale Borste.
Abb. 3. Nektochaeta mit 7 Segmenten, gegen 500 μ lang.
Abb. 4. Jüngstes Bodenstadium mit 8 Segmenten, 710 μ.
Abb. 5: Vorderende eines Tieres in Abb. 4 von unten.

gemessenen Exemplare ergaben dagegen die gleichen Maße wie die fixierten aus der Kieler Bucht (450—470 μ).

Eine fast 500 μ große Nektochaeta mit sieben Segmenten wird in Abb. 3 wiedergegeben. Die Episphaere ist verkleinert worden, die Kopfanhänge haben sich aber noch nicht weiter entwickelt. Der Prototroch ist voll funktionsfähig. Auf dem 1. Segment stehen zwei Paar Tentakelzirren, das dorsale Paar ist länger als das ventrale. Auf Segment 2 ist der dorsale Zirrus gegliedert und von bedeutender Größe, an seiner Basis sitzen zwei bis drei kapillare Borsten, im Hauptast des Ruders ca. sechs zusammengesetzte Borsten; diese Zahl wird in diesem Segment nicht überschritten. Ein kleiner Ventralzirrus ist vorhanden, der an der Basis des Parapodiallappens inseriert (vergl. Abb. 5). Das 3. Segment hat Dorsalzirren gewöhnlicher Länge, zwei bis drei Kapillarborsten, eine größere Anzahl zusammengesetzter Borsten, aber keinen Ventralzirrus. Die folgenden Segmente sind ebenso gestaltet wie das Segment 3, nur besitzen sie alle Ventralzirren, die auf halber Höhe der Parapodiallappen entspringen. — Das Hinterende der Larve trägt einen unpaaren Anhang und zwei dicke gegliederte Zirren. Der Darm ist mit Fetttropfen gefüllt. Die Larve schwimmt lebhaft umher und wendet sich dabei von Zeit zu Zeit dem Boden zu. Im allgemeinen trifft man ältere Stadien als diese nicht im Plankton an. Eine der drei planktischen Larven, die Gravely beobachtete, besaß jedoch acht Segmente. In Kulturschalen ohne jegliches Substrat gingen 1952 Larven mit sieben Segmenten nicht zum Bodenleben über, wuchsen im ganzen aber auch nicht weiter; nur die Dorsalzirren wurden verlängert. Die normale Dauer des pelagischen Lebens läßt sich auf zwei bis vier Wochen schätzen.

B o d e n s t a d i e n

Das jüngste bekanntgewordene Bodenstadium aus einer sechswöchigen Kultur besitzt acht Segmente bei einer Länge von 710 μ (Abb. 4). Ein entsprechendes Bodenstadium wurde in der Kieler Außenförde 1953 auf Grobsand gedredscht. Das Bemerkenswerteste an den Tieren ist die unpaare Antenne zwischen den Augen (Abb. 4 und 6); Gravely hat sie bereits bei der pelagischen Larve mit sechs Segmenten gesehen. Die adulte *Castalia* besitzt dieses Merkmal nicht, doch tritt es gelegentlich in der Familie der Hesioniden auf, die Syllideen zeigen es durchweg. Die unpaare Antenne bei den Jungstadien von *Castalia punctata* wird zurückgebildet, wenn die Parapodien das adulte Aussehen annehmen.

Das Tier mit acht Segmenten soll nicht im einzelnen beschrieben werden, es wird auf die Abbildungen 4 und 5 verwiesen. Aufmerksam gemacht sei nur noch einmal auf die Insertion der Ventralzirren der ersten Segmente (Abb. 5): Auf Segment 2 sitzt der Zirrus an der Basis des Ruders, auf Segment 3 fehlt er vorerst noch; auf den Segmenten 4 ff. entspringen die Ventralzirren in der Mitte des Parapodiallappens. Das Segment 2 trägt nach wie vor sechs zusammengesetzte Borsten, die folgenden Segmente

10—15 Stück; außerdem sind hier 1—3 dorsale Kapillarborsten vorhanden. Die Analzirren können bis 600 μ lang sein. Auf der Unterseite der Tiere ist median der braune Pigmentstreifen ausgebildet, den auch die Adulten besitzen. Im Leben werden die Tentakelzirren nach vorn gerichtet getragen.

Exemplare mit neun Segmenten sind oft auffällig durch die bedeutende Länge der Dorsalzirren auf dem 5. Segment.

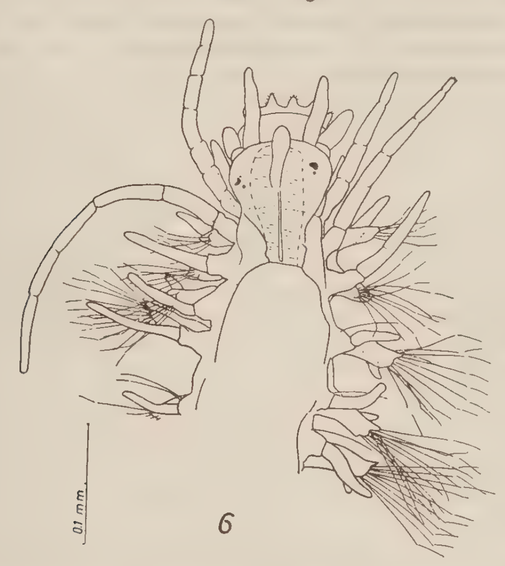


Abb. 6. Vorderende eines Tieres mit 10 Segmenten von oben, Rüssel vorgestülpt. 900 μ.

Das Vorderende eines Tieres mit zehn Segmenten aus einem *bottle-collector* wird in Abb. 6 wiedergegeben. Die Länge solcher Tiere variiert im Freiland zwischen 0,8 und 1,0 mm; die Analzirren sind etwa 300 μ lang. Die weiter oben genannte Länge von 600 μ bei jüngeren Exemplaren aus Kulturen sind sicher Ausnahmen, die durch die ruhigen Lebensverhältnisse ermöglicht werden. In der Natur findet man Hesioniden fast stets mit ein oder mehreren regenerierenden Zirren. — Ein Ruder eines Jungstadiums mit elf Segmenten wird in Abb. 7 abgebildet. Es zeigt noch nicht die für *Castalia* bezeichnende Form des terminalen Teils des Parapodiallappens.

Ein Tier aus einem *bottle-collector* mit 13 Segmenten ist 1,0 mm lang, die dorsalen Tentakelzirren des 2. Segments erreichen 800 μ Länge, doch stehen auf diesem Segment noch zwei Borsten im Ruder. Selbst Tiere mit 16 Segmenten aus Kulturen haben hier Borsten. Der Ventralzirrus auf Segment 1 ist bereits recht groß, die unpaare Antenne noch deutlich sichtbar. Die Analzirren sind länger als der Körper.

Ein Individuum mit 18 Segmenten aus einer Kultur ist, etwas kontrahiert, 1,3 mm lang. Das 2. Segment hat seine Borsten verloren, auf dem 3. Segment fehlt immer noch der Ventralzirrus. Dagegen ist er schon vorhanden bei einem Jungtier derselben Segmentzahl, das im Juni 1955 in der Kieler Außenförde gedredscht wurde. Der Zirrus ist ebenso wie der des 2. Segments an der Basis des Ruders angeheftet. — Ein Parapod dieses Stadiums wird in Abb. 8 wiedergegeben: Es zeigt im wesentlichen das adulte Aussehen und ermöglicht damit die Identifizierung der Tiere; die dorsalen kapillaren Borsten können fehlen.

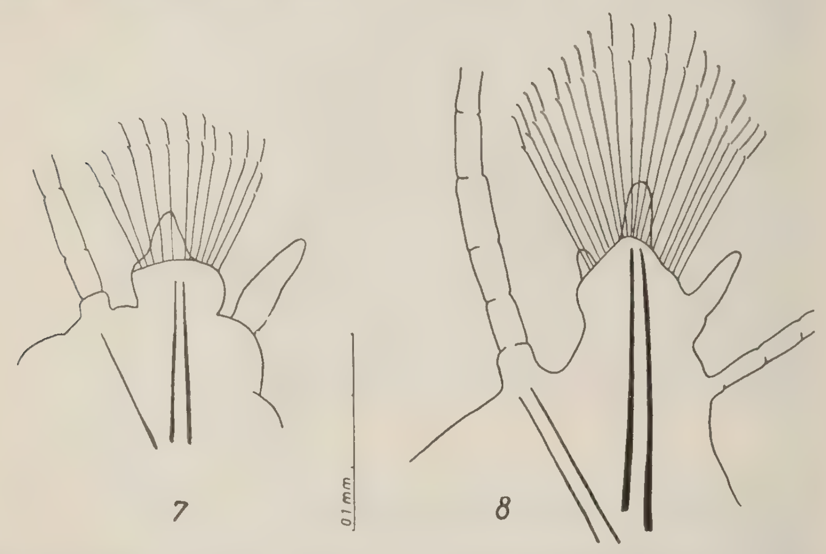


Abb. 7. Parapod eines Tieres mit 11 Segmenten (950 μ) von hinten.

Abb. 8. Parapod vom 7. Segment eines Tieres mit 18 Segmenten (1,3 mm) von hinten.

Ein Tier mit 20 Segmenten aus einer Kultur ist 1,85 mm lang. Der mediane Kopftentakel ist sehr klein. Die dorsalen Tentakelzirren des 1. Segments erreichen 0,9 mm, die normalen Dorsalzirren der Körpersegmente 0,55 mm Länge. Der Ventralzirrus auf Segment 3 ist klein, das Ruder hat noch Borsten. In Höhe der Augen läuft eine unregelmäßige Querbinde braunen Pigments über den Kopf. Wahrscheinlich haben diese ältesten Stadien in den Kulturen nicht mehr die günstigsten Lebensbedingungen gefunden: In der Natur erbeutete Jungtiere mit 22 und 24 Segmenten sind 2,4 bzw. 2,9 mm lang und zeigen in der Gestaltung des Kopfes, der tentakeltragenden Segmente und der Färbung des Vorderendes bereits ganz die adulten Merkmale, so daß sich die Beschreibung erübrigt.

Diskussion

In der Familie der Hesioniden ist die Larvalentwicklung bisher nur von zwei Arten bekannt gewesen: *Ancistrosyllis sp. (Harpochaeta cingulata)* Korschelt 1893 und *Magalia perarmata* Marion & Bobretzky (Casanova 1954). Während die Larve der ersteren Art sehr eigentümlich ist (über die Stellung der Gattung vgl. bei Hessle 1925), sind die Übereinstimmungen der Entwicklung der *Magalia* mit *Castalia punctata* sehr groß. Bei beiden Arten wird nur das 1. Tentakelzirrensegment als solches bereits angelegt, während die übrigen im Lauf der Entwicklung vom annähernd normalen Parapod- zu einem Tentakelzirrensegment umgebildet werden; anfangs zeigen nur die Anlagen der Ventralzirren den Unterschied gegenüber den gewöhnlichen Rudern. Auffällig ist die gleichartige Verzögerung der Ausbildung der ventralen Zirren auf Segment 3. Der Zirrus wird bei *Magalia* aber schon auf einem Stadium mit 11 Segmenten sichtbar, wie auch sonst die Ausbildung der adulten Merkmale bei *Magalia* früher abgeschlossen ist (mit 12 Segmenten) als bei *Castalia* (mit etwa 20 Segmenten). Die Bevorzugung des dorsalen zweiten Tentakelzirrus ist bei beiden Arten deutlich. Von der ursprünglichen Borstenbewaffnung der Segmente 2 und 3 bleiben bei *Magalia* nur die Azikeln übrig (vergl. aber Hessle 1925); von *Castalia* liegen keine Beobachtungen vor. In den dorsalen Ästen der normalen Parapodien wird anfangs eine Anzahl von kapillaren Borsten ausgebildet, die später verlorengehen; nur selten besitzt die adulte *Castalia* hier 1 bis 2 Borsten. — Die Larven beider Arten beginnen das pelagische Leben mit einem großen Dottervorrat, schwimmen nur mit Hilfe eines Prototrochs und wenden sich mit 7 bis 8 Segmenten dem Boden zu.

Als Unterschiede zwischen der Entwicklung der beiden Arten sind neben dem zeitlich verschiedenen Ablegen der larvalen Merkmale (s. o.) zu erwähnen das ursprünglichere Verhalten der *Castalia* in der Anlage der ersten zwei Segmente: Sie sind hier voneinander deutlich getrennt, während sie bei *Magalia* von vornherein eng zusammengerückt werden ähnlich dem Verhalten der adulten Hesioniden. Als offenbar abgeleitet erweist sich bei *Castalia* das Fehlen der Occipitalantenne bei den Adulten.

Die Frühentwicklung der Hesioniden ist bisher nur von *Podarke obscura* Verrill bekannt geworden (Treadwell 1897 und 1901).

In diesem Zusammenhang ist es vielleicht von Interesse, auf die Arbeit von Nolte (1936—1941) über die Annelidenlarven im „Nordischen Plankton" einzugehen: Zur Familie der Hesioniden und im Anschluß daran als *Sylloidea* geführt werden folgende Larven:

Harpochaeta neapolitana Häcker 1896, S. 82—83, Taf. III Fig. 7; Nolte 1941, S. 321—322. Es handelt sich um eine Capitellidenlarve, vermutlich um *Capitella capitata* selbst.

Sylloides cingulata Nolte 1941 S. 322—325. Es handelt sich um die Zusammenfassung von zwei Beschreibungen: Häcker 1896 S. 82, Taf. III

Fig. 6 und „?*Syllid*" GRAVELY 1909, S. 9, Taf. I Fig. 5). Die Larve dürfte zum Archianneliden-Genus *Protodrilus* gehören (vergl. JÄGERSTEN 1952).

Sylloides monensis NOLTE 1941, S. 325—326, Fig. 312 und 313). Die Larve ist von GRAVELY (1909) als *Syllid A* beschrieben worden (GRAVELY 1909, S. 4—6, Taf. I Fig. 1 und 2). Es handelt sich um die Larve von *Pisione (Praegeria) remota* (SOUTHERN), deren Entwicklung an anderer Stelle geschildert werden soll.

Syllid B GRAVELY (1909) ist in der vorliegenden Arbeit behandelt worden.

Syllid C GRAVELY 1909, S. 7—9, Taf. I Fig. 4; NOLTE 1941, S. 328, Fig. 315. Die Zugehörigkeit dieser Larve hat sich noch nicht ermitteln lassen.

Zusammenfassung

Die Entwicklung von *Castalia punctata* (O. F. M.) wird kurz beschrieben. Die Larven sind dotterreich und wenden sich nach längerem Planktonleben mit 7 Segmenten dem Boden zu. Das 2. und das 3. Tentakelzirrensegment der Adulten werden mit Borsten versehen angelegt. Auf dem Kopf tritt transitorisch eine unpaare Antenne auf. — Einige Larven, die irrtümlich in die Nähe der Hesioniden gestellt worden sind, werden erwähnt.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Karl Banse, Institut für Meereskunde der Universität Kiel.

Literaturverzeichnis

AUGENER, H. (1939): Beitrag zur Polychaetenfauna der Ostsee, Kieler Meeresf. **3**, 133—147.

CASANOVA, L. (1954): Note sur le développement de *Magalia perarmata* MARION & BOBRETZKY, Rec. Trav. Station Marine d'Endoume Fasc. **13**, 155—162.

GRAVELY, F. H. (1909): Polychaete larva of Port Erin, (L. M. B. C. Memoirs **19**, 1—79) Trans. Biol. Soc. Liverpool **23**, 575—653.

HÄCKER, V. (1896): Pelagische Polychaetenlarven, Zeitschr. Wiss. Zool. **62**, 74—168.

HESSSLE, Chr. (1925): Einiges über die Hesioniden und die Stellung der Gattung *Ancistrosyllis*, Ark. Zool. **17**, Nr. 10, 1—37.

JÄGERSTEN, G. (1952): Studies on the morphology, larval development and biology of *Protodrilus*, Zool. Bidr. Uppsala **29**, 427—512.

KORSCHELT, E. (1893): Über *Ophryotrocha puerilis* und die polytrochen Larven eines anderen Anneliden (*Harpochaeta cingulata* n. g., n. sp.), Zeitschr. Wiss. Zool. **57**, 224—289.

McINTOSH, W. C. (1908): A monograph on the British annelida **2**, pt. 1, 1—232, London.

NOLTE, W. (1936—1941): Nordisches Plankton **5**, Annelidenlarven, 59—369, Kiel u. Leipzig.

THORSON, G. (1946): Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates etc., Medd. Komm. Danmarks Fisk. — Havsunders. Ser. Plankton **4**, 1—518.

TREADWELL, A. L. (1897): Cell lineage of *Podarke obscura* VERRILL, Zool. Bull. **1**, 195—207.

— (1901): The cytogeny of *Podarke obscura*, Journ. Morphology **17**, 399—486.

Zur Ökologie und Systematik saprophytischer Wasserpilze aus dem Silbersee bei Bremerhaven*)

Von Karl Jürgen Bock

Die Untersuchung des Silbersees auf seine Pilzflora im Frühjahr und Sommer 1953 zeigte eine Besiedlung des Gewässers von der Oberfläche bis zum Boden. Durch jahreszeitliche hydrographische Einflüsse wurde diese Besiedlung quantitativ und qualitativ verändert. Im April wurden aus 54 Proben 185 Myzelien erbeutet, von denen 77 determiniert werden konnten, die restlichen blieben asexuell. Im Juni zeigten 39 von 41 Proben Bewuchs; von den 168 gefundenen Myzelien konnten 44 bestimmt werden. Der Rest blieb wieder asexuell. Die beiden Juli-Untersuchungen, die im Abstand von sechs Tagen durchgeführt wurden, zählen wir zusammen. Sie ergeben dann ein quantitativ auswertbares Bild. Hier wurden in nur 29 von 50 Proben Myzelien gefunden. Unter den 130 isolierten Myzelien fanden sich nur 30 bestimmbare.

Besonders die Ergebnisse der Juli-Untersuchung zeigten die Einflüsse der Umweltfaktoren sehr deutlich. Nur in der oberen Wasserschicht fand sich eine reiche Besiedlung, der der größte Teil der isolierten Myzelien angehörte. Aus den Tiefen des Gewässers konnten mit den Köderleinen nur noch wenige Myzelien eingebracht werden, während im April auch hier eine normale Besiedlung zu finden war. Zurückzuführen war dieser Unterschied in erster Linie wohl auf Temperatureinflüsse (Höhnk u. Bock 1954).

Im folgenden sollen nun die ökologischen und systematischen Befunde mitgeteilt werden. Die dabei angegebenen Prozentzahlen drücken jeweils die relative Abundanz einer Art bzw. einer Artengruppe aus. Es wird durch die Werte der prozentuale Anteil der entsprechenden Form an der Gesamtzahl der aus der jeweiligen Untersuchung isolierten Myzelien wiedergegeben. So war z. B. *Saprolegnia diclina* im April mit 14 % der insgesamt 185 in dieser Untersuchung isolierten Myzelien (= 100 %) vertreten.

Bei der ersten Untersuchung wurden neben den Profilen im See auch Bodenproben vom Geestrand bis an das Ufer heran entnommen. Die systematische Untersuchung zeigte, daß vom Land über den Uferbezirk bis in den See hinein eine jeweils typische Besiedlung mit unterschiedlichen Gattungen anzutreffen ist. Auf der höher gelegenen trockenen Geest zwischen Heidekraut wurden eine *Geolegnia spec.* und ein *Pythium spec.* isoliert. Weiter zum Ufer hin, am Rande eines frisch gepflügten Geestackers, konnten *Thraustotheca clavata* und *Pythium monospermum* geködert werden.

*) Die Untersuchungen wurden im Rahmen eines Stipendiums der Deutschen Forschungsgemeinschaft in der Botanischen Abteilung des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven durchgeführt. Dort werden auch die Reinkulturen der beschriebenen Arten aufbewahrt.

Am feuchten Straßengraben fanden sich neben *Mucor Saprolegnia monoica, Aphanomyces laevis* und *Pythium spec. 1.* In der feuchten Uferzone, die wohl noch gelegentlich vom Wasser erreicht werden mag, jedenfalls in ihren unteren Teilen vom See umspült wird, lebten aquatische Pilze, wie *Achlya racemosa* und *Pythium spec.*

Neben *Pythium* kommen also im Bereich des Ufers und seiner näheren Umgegend mehrere Gattungen in einer bestimmten Reihenfolge vom Land zum Wasser hin vor: *Geolegnia, Thraustotheca, Saprolegnia-Achlya* und *Aphanomyces.* Die drei letzten sind schon als Komponenten eines aquatischen Biotops zu werten, die beiden ersten aber typische Bewohner des Landes. Als Uferform wäre der in vielen Proben gefundene *Dictyuchus* zu nennen, der zwischen den beiden Besiedlungsgruppen vermittelt.

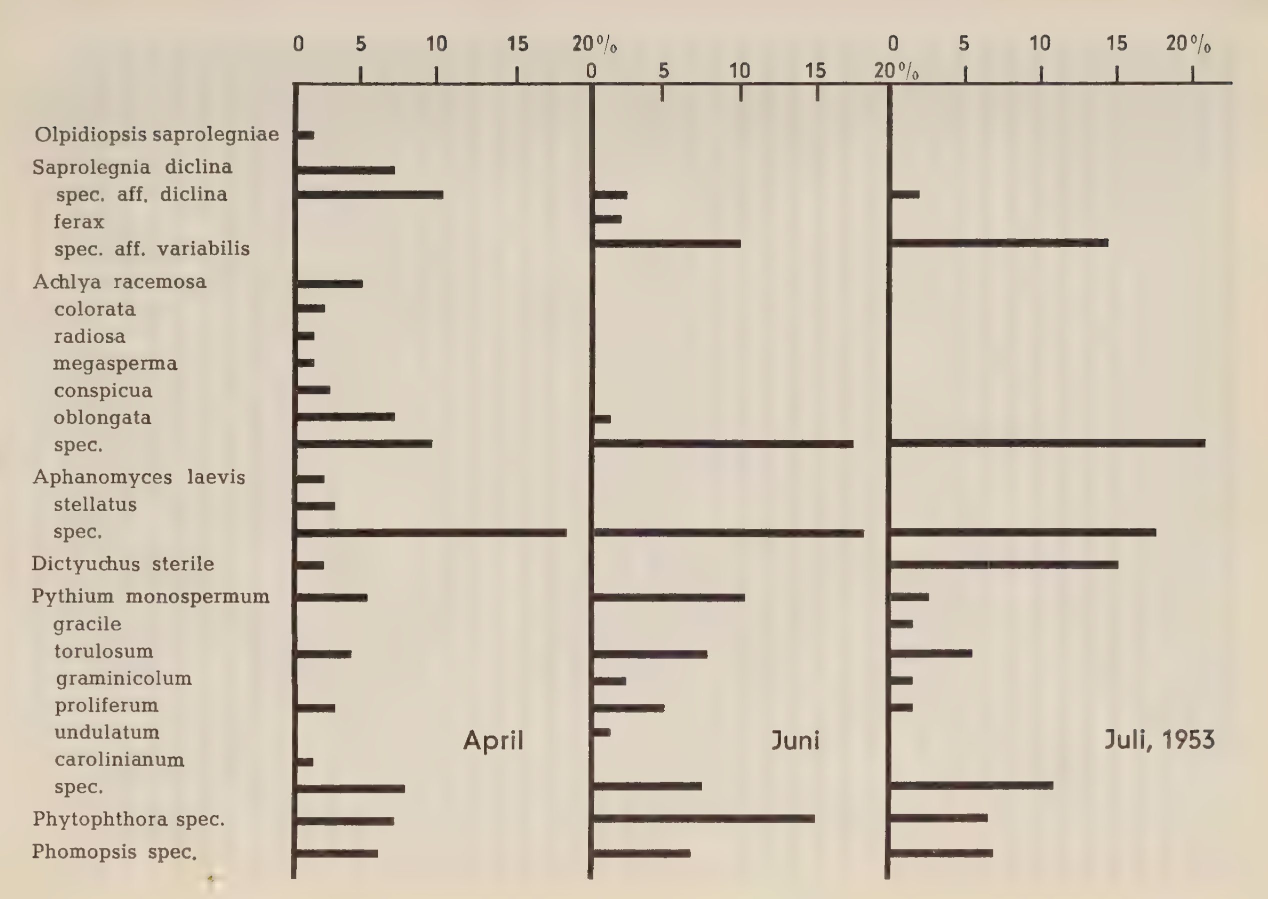
Ein Blick auf die Fortpflanzungsorgane der gefundenen Gattungen bestätigt die Angaben von HÖHNK (1933; 1952). Durch die Unterschiede in der Ausbildung der Sporulations- und Geschlechtsorgane lassen sich die drei Gruppen Land-, Ufer- und Wasserbesiedlung gut gliedern, wie es auch aus unseren Funden hervorgeht. Auf dem Lande sind die abgeleiteten Typen der *Saprolegniaceae* häufig. In Ufernähe werden Formen mit ursprünglicheren Merkmalen angetroffen. Im rein aquatischen Bereich treffen wir schließlich die am wenigsten abgewandelten Typen an.

Die Pilzbesiedlung im Silbersee selbst weist unabhängig von der durch die Sporulationstypen gegebenen Gliederung einige sehr merkwürdige Erscheinungen auf. In dem Untersuchungsergebnis vom April 1953 tritt eine verhältnismäßig große Artenzahl hervor (Abb. 1). *Saprolegnia diclina* und eine asexuelle Form *S. aff. diclina* bestimmen mit 7,6 % bzw. 10,3 % das Bild von der Oberfläche bis in 4 Meter Tiefe hinunter. Im ganzen Gewässer verteilt treten die *Achlya*-Arten *A. racemosa, A. colorata, A. radiosa, A. megasperma, A. oblongata* und die asexuelle *A. spec.* auf. Insgesamt bilden die Arten 25,9 % des Artenbestandes der April-Untersuchung. Hinzu kommen *Aphanomyces laevis, A. stellatus* und der asexuelle *A. spec.* Diese drei sind ebenfalls durch das ganze Gewässer verteilt. Sie erreichen 20,6 % des Gesamtartenbestandes im April. *Dictyuchus sterile* wurde nur vereinzelt gefunden (1,1 %). Aber die Gattung *Pythium* ist ziemlich reich vertreten. *Pythium monospermum* (5,9 %) sowie *Pythium torulosum* (3,8 %) und eine asexuelle Form (8,1 %) treten gegenüber den selteneren *P. proliferum* und *P. graminicolum* hervor. Insgesamt machen die *Pythium*-Arten 21,0 % des Artenbestandes im April aus. *Phytophthora* (7 %) und *Phomopsis* (6 %) fallen weniger ins Gewicht.

In den Juni-Untersuchungen zeigt sich ein anderes Bild. Die Gattung *Saprolegnia* ist kaum noch durch die *diclina*-Gruppe vertreten, nur die asexuelle *S. aff. diclina* tritt noch mit 1,8 % auf. Allgemein werden jetzt die asexuellen Typen häufiger. Formen, die in der Ausbildung ihres Myzels

---

Abb. 1: Relative Abundanz der gefundenen Arten in den drei Untersuchungsmonaten.


0
5
10
15
20%
Olpidiopsis saprolegniae
Saprolegnia diclina
spec. aff. diclina
ferax
spec. aff. variabilis
Achlya racemosa
colorata
radiosa
megasperma
conspicua
oblongata
spec.
Aphanomyces laevis
stellatus
spec.
Dictyuchus sterile
Pythium monospermum
gracile
torulosum
graminicolum
proliferum
undulatum
carolinianum
spec.
Phytophthora spec.
Phomopsis spec.
April
Juni
Juli, 1953

und ihrer Dauerorgane der *S. variabilis* ähneln, treten jetzt besonders hervor. *S. ferax* zeigt als einzige *Saprolegnia*-Art die volle Ausbildung ihrer Geschlechtsorgane. Doch diese Art ist mit 1,2 % als selten zu bezeichnen. Eine ähnliche Wandlung wie bei der Gattung *Saprolegnia* läßt sich auch bei der Gattung *Achlya* beobachten. Die Zahl der asexuellen Formen ist auf 16,7 % gestiegen. *Achlya oblongata* tritt mit nur noch 0,6 % auf. Die Gattung *Aphanomyces* läßt überhaupt keine sexuellen Formen mehr erkennen. Sie ist diesmal mit 17,8 % vertreten. Lediglich bei der Gattung *Pythium* haben sich die Verhältnisse nicht wesentlich gewandelt. Die Gattung tritt mit 31,5 % etwas mehr in den Vordergrund. *Phytophthora* erreicht mit ihrer asexuellen Form jetzt das Maximum in unseren Untersuchungen mit 14,9 %. Der Artenanteil der Gattung *Phomopsis* bleibt mit 6 % wie im April.

Im Juli tritt die eben angedeutete Entwicklung noch stärker hervor. Die Gattung *Saprolegnia* ist nur noch durch asexuelle Formen vertreten. *S. aff. diclina* erreicht 0,9 %, *S. aff. variabilis* 11,6 %. Auch *Achlya* zeigt nur noch asexuelle Formen (20,5 %). *Aphanomyces* bleibt mit seinem Prozentsatz wie im Juni (17,8 %). Es wurden auch jetzt nur asexuelle Formen isoliert. Ein gewisser Rückgang macht sich bei der Gattung *Pythium* bemerkbar. *P. monospermum* tritt gegenüber *P. torulosum* zurück. Insgesamt erreichen die Pythien nur 19 % des Bestandes. *Phytophthora* ist auf 6,3 % zurückgegangen und erreicht damit wieder Werte wie im April. Erstaunlicherweise hat sich die prozentuale Verbreitung von *Phomopsis* (6,3 %) nicht geändert.

In den angeführten Ergebnissen der Auswertungen lassen sich einige ökologisch interessante Entwicklungen erkennen. Im Frühjahr sind sowohl bei der Gattung *Saprolegnia* als auch bei *Achlya*, weniger bei *Aphanomyces*, die geschlechtlichen Arten im Gewässer zu finden. Sie bilden unter Kulturbedingungen im filtrierten Standortwasser, z. T. auch im Nährboden, nach HÖHNK ohne besondere Schwierigkeiten und ohne lange Kulturversuche ihre Geschlechtsorgane voll aus. Zum Sommer hin wird bei diesen Gattungen der Anteil der geschlechtlich differenzierten Formen immer geringer. Asexuelle Myzelien treten dafür zum Sommer hin stärker in den Vordergrund. Diese Myzelien mögen sehr wohl noch die Potenz zur Ausbildung ihrer vollen Geschlechtsorgane besitzen. Unter den Kulturbedingungen zeigen sie aber nur in sehr geringem Maße ihren vollen Entwicklungszyklus. Auffällig ist, daß bei vielen Myzelien, die wir nach ihrem Habitus zur Gattung *Saprolegnia* rechnen konnten, die Sporulation unterdrückt wurde. Selbst bei einem Teil der *S. diclina*, bei der normale Antheridien und Oogone ausgebildet wurden, konnte keine Sporulation beobachtet werden. Nur gemmenähnliche sporangiale Schwellungen traten auf. Bei Verlängerung der kulturellen Studien wäre es sicher gelungen, einen Teil der Myzelien wenigstens zu identifizieren. Aber auch unter den gegebenen Verhältnissen liegen ohne diese Studien sehr günstige Vergleichswerte vor, weil alle Kulturen angenähert gleich behandelt werden konnten.

Nicht nur in der Abnahme der voll entwickelten Myzelien ergeben sich Unterschiede. Auch in der Art der sterilen Myzelien zeigen sich Änderungen vom Frühjahr zum Sommer hin. Waren im April unter den Funden der Gattung *Saprolegnia* ausschließlich sterile Myzelien ähnlich denen von *S. diclina* vorhanden, so werden vom Juni an Formen gefunden, die der *S. variabilis* in der Ausbildung der Myzel-Unregelmäßigkeiten sehr ähneln. Im Juni treten daneben nur noch sehr wenige Myzelien auf, die der *S. diclina* ähneln, die dann im Juli fast ganz verschwinden. Dann beherrscht *S. aff. variabilis* das Bild.

Einen Hinweis für eine Erklärungsmöglichkeit dieser Entwicklungen gibt vielleicht die Temperatur, die während der Fangzeit im Gewässer und später im Laboratorium während der Aufarbeitung geherrscht hat. Im April wurden während der Untersuchungen Gewässertemperaturen um 10° C im Silbersee gemessen. Im Juni waren es 11—16° C, im Juli dagegen 14 bis 26° C. Entsprechend verhält sich die Lufttemperatur. Im April war kühleres Wetter bestimmend, im Mai ebenfalls. Erst Mitte Juni traten wärmere Tage auf, die in der zweiten Hälfte des Juni in sommerlich heißes Wetter übergingen. Durch diese Temperaturverhältnisse scheint eine Beeinflussung der drei Phasen Wachstum—Sporulation—Geschlechtsorganbildung gegeben zu sein. Im April finden wir sporulierende Arten mit voller Ausbildung der Geschlechtsorgane. Das zeigt, daß sich diese Arten sowohl im Gewässer als auch unter Kulturbedingungen nicht im Peium oder gar Pessimum befunden haben. Im Juni tritt mit zunehmender Erwärmung des Gewässers eine Änderung auf. Die Zahl der voll ausgebildeten Arten ist bei *Saprolegnia* wie auch bei *Achlya* stark zurückgegangen. Das könnte auf die Temperaturverhältnisse im Gewässer zurückgeführt werden. Ebenso besteht aber auch die Möglichkeit, daß die sommerlich warme Lufttemperatur während der Bearbeitung nach dem Fang bei einigen Formen den Anlaß zur Unterdrückung der Geschlechtsorganbildung, z. T. auch der Sporulation gegeben haben mag. Wurden doch während dieser Zeit in den Arbeitsräumen Temperaturen von 25—30° C gemessen, ohne daß Kühlungsmöglichkeiten bestanden. Für das Fehlen der Geschlechtsorgane im Juli mag die zu hohe Temperatur im Wasser am natürlichen Standort verantwortlich gemacht werden. Sie erreichte in den Tagen vor der Untersuchung Werte, die wohl weit über das Optimum der gefundenen Pilze hinausgingen und so die normale Ausbildung der Lebensphasen im Gewässer bereits beeinträchtigten. Bei der Aufarbeitung zeigten sich bei den Gattungen *Saprolegnia* und *Achlya* bei normaler, nicht sommerlich warmer Temperatur keine wesentlichen Änderungen zu den vorherigen Befunden in Bezug auf die Ausbildung der Geschlechtsorgane. Da die Kulturstudien nicht länger ausgedehnt werden konnten, mußten diese Myzelien unbestimmt bleiben. Sicherlich wäre es durch geeignete Kulturbedingungen möglich gewesen, die Ausbildung der Geschlechtsorgane bei vielen Myzelien hervorzurufen bzw. zu erzwingen und damit eine sichere Diagnose zu ermöglichen.

In den Untersuchungsbefunden schwankt das Verhältnis der beiden Gattungen *Achlya* und *Saprolegnia*, ausgedrückt in dem Verhältnis der Prozentanteile der beiden Gattungen an der Gesamtpopulation, um den Wert 1,5:1. Wenn sich ein derartig bestimmtes Verhältnis auch in anderen Gewässern finden läßt, wie wir es vermuten möchten, mit einer dem jeweiligen Standort entsprechenden Änderung der Anteile, so wäre damit eine mykologische Charakterisierung eines Gewässers gegeben. Da die beiden Gattungen *Saprolegnia* und *Achlya* in ihren Sporulationstypen ein besonderes Verhalten im Gewässer mit genauen Schichtungen und Beziehungen zu den hydrographischen Gegebenheiten zeigen, scheinen sie jetzt als Charaktergattungen am günstigsten zu sein. Alle anderen untersuchten Gattungen lassen keine so eindeutigen Beziehungen zur Umwelt erkennen. Lediglich die Gattung *Phomopsis* bleibt überraschenderweise in allen Untersuchungen mit jeweils etwa 6 % des Gesamtartenbestandes sehr konstant. Worauf diese Erscheinung zurückzuführen ist, läßt sich aus dem vorliegenden Material nicht deuten. Abhängigkeiten von irgendwelchen gemessenen Faktoren wurden nicht festgestellt. Das Maximum der Gattung *Phytophthora* im Juni mag durch irgendwelche Landeinflüsse mit bedingt sein. Da von dieser Gattung nur Formen isoliert wurden, die weder sporulierten noch Geschlechtsorgane ausbildeten, lassen sich eindeutige Bestimmungen über die Herkunft nicht geben. Vermutlich wird das gehäufte Auftreten im Juni mit der um diese Jahreszeit sehr starken Verbreitung der Gattung auf dem Lande in Zusammenhang gebracht werden können. So wäre vielleicht das Maximum dieser Gattung in der Untersuchung in den ersten Junitagen als eine Überschwemmung des Silbersees mit den Verbreitungsstadien zu deuten, die im Wasser und an den Ködern dann zu kräftigen Myzelien auswachsen können. Im Wasser selbst erfolgt dann die weitere Verbreitung durch Myzelbruchstücke. Nach dieser Auffassung wäre die Gattung *Phytophthora* als ein typischer Irrgast im Silbersee zu betrachten.

Wir haben bei den hier mitgeteilten Untersuchungen nur die Frühjahrs- und Sommerbesiedlung des Gewässers näher beobachten können. Zu diesen Jahreszeiten ist eine mehr oder weniger stabile Schichtung der Pilzbesiedlung in den verschiedenen Wasserkörpern des Sees charakteristisch. Es ist als sicher anzunehmen, daß im Herbst und im Winter eine bedeutende Änderung der Pilzbesiedlung im See erfolgt. Allein schon aus der Tatsache, daß die herbstlichen und winterlichen Stürme wieder Vollzirkulation im Gewässer hervorrufen, läßt sich manches Interessante für die Übergangszeiten erwarten. Allmählich wird aus der Schichtenbildung des Sommers wieder eine ziemlich gleichmäßige Verteilung der Arten im Gewässer. Parallel dazu wird sich auch die Zusammensetzung des Artenspektrums ändern, indem manche Species erst im Herbst und Winter ihre optimalen Verbreitungsbedingungen finden (COKER 1923).

Systematischer Teil

Phycomycetes

Saprolegniaceae

1. *Saprolegnia diclina* HUMPHREY 1892

Im April finden wir diese Art in der ganzen Oberschicht des Sees. Sie ist dort um diese Jahreszeit die einzige sexuelle Art der Gattung. Besonders gut wächst sie an Reiskörnern. Die Art wurde in zwei Varianten gefunden. Die erste zeigt die drei Phasen Wachstum—Sporulation—Geschlechtsorganbildung völlig normal. Die zweite Variante läßt die sporangialen Abschnürungen nicht mehr sporulieren.

Das Myzel erreicht im Standortwasser in 5 Tagen einen Durchmesser von 25 mm. Die Hyphen sind im mittleren Teil 15—18 μ stark. Die Zoosporen weisen einen Durchmesser von 6—8 μ auf. Oogone werden vielfach endständig angelegt, entweder am Ende einer Haupthyphe oder auf kleinen Seitenästen. Interkalare Oogone sind seltener. Im allgemeinen findet man kugelige Oogone, weniger oft länglich-ovale Formen. Der Durchmesser der Oogone beträgt 60—90 μ. 3—12, meist um 6 Oosporen werden pro Oogon gezählt. Der Durchmesser der zentrischen, gelegentlich leicht subzentrischen Oosporen beträgt 23,5—32,5 μ, im Durchschnitt etwa 27 μ.

Von dieser normalen Form, die ihre drei Lebensphasen kurz nach dem Einholen ins Labor zeigte, weichen die meisten gefundenen Myzelien, die unter denselben Bedingungen gezogen wurden, ab. Schon in den Agarkulturen werden keine Oogone und Antheridien ausgebildet, wie man es bei den normalen Individuen der Art beobachten kann. Vielmehr findet man reiches Auftreten dunkel gefärbter sporangienähnlicher Dauerorgane. Wird nun von einer solchen Agarkultur eine Wasserschalenkultur angelegt, so zeigt sich zunächst normales Wachstum der Myzelien. Es werden jedoch keine funktionsfähigen Sporangien ausgebildet, sondern nur sporangiale Schwellungen in reicher Zahl. Bald entstehen dann auch die zahlreichen aberranten Formen. In den normalen Kulturen wird um diese Zeit die Ausbildung und normale Funktion der Sporangien beobachtet, hier aber bleiben diese Schwellungen während der ganzen Kulturzeit erhalten. Sie werden zu Gemmen, Hemmungsbildungen, die viele Wochen überdauern. Sporulation wurde in keinem Fall beobachtet.

In vielen dieser aberranten Kulturen zeigten sich Oogone und Antheridien. Alle Merkmale dieser Geschlechtsorgane stimmen völlig mit den oben beschriebenen der *S. diclina* überein. Man könnte versucht sein, die aberrante Form zu *S. kaufmanniana* zu stellen, besonders auf Grund der eigenartigen Gemmenbildung. Nach den bei COKER (1923) gegebenen Merkmalen wird dieses Myzel zu *S. diclina* gestellt, mit der es im Bau der Geschlechtsorgane am besten übereinstimmt. Niemals wurde eine Kettenbildung der Oogone angetroffen. Die Oogone werden immer in größeren Ansammlungen, nicht über die ganze Kultur verstreut, angelegt.

Fundorte: 14 Proben aus 0—4 m Wassertiefe. IV. 1953.

2. *Saprolegnia spec. aff. diclina*

In den Untersuchungen aller drei Monate konnte diese asexuelle Form nachgewiesen werden. Besonders im April trat sie in den Vordergrund. Im Juni und Juli wurde sie nur vereinzelt gefunden.

Bei 12—20 μ Hyphenbreite im mittleren Teil der Hyphen erreichte die Form in Standortwasser in 6 Tagen mehr als 15 mm Radius an Reis, Mais oder Ameisenpuppen. Sporulationen wurden nicht beobachtet. Typisch erscheint die Ausbildung der zahlreichen sporangialen Schwellungen, die sich zu Gemmen umbilden, wie es bei den aberranten Formen von *S. diclina* ebenfalls beobachtet werden konnte. Diese Gemmen sind häufig konischer Gestalt, seltener kugelig und in Ketten angeordnet. Sie sind stets mit dunkel granuliertem Plasma gefüllt. Nach mehrwöchiger Kulturzeit lösen sich die Gemmen von den tragenden Hyphen ab, wie es auch bei den Sporangien von *Dictyuchus sterile* die Regel ist.

Auf eine äußerliche Übereinstimmung der hier vorliegenden Myzelien mit denen der nicht sporulierenden Form von *S. diclina* muß hingewiesen werden. Es fehlt aber in jedem Falle eine Ausbildung von Geschlechtsorganen, die allein eine sichere Artdiagnose zulassen könnte. Aus diesem Grunde wird die vorliegende Form vorläufig als *S. spec. aff. diclina* bezeichnet.

Fundorte: In der Oberflächenschicht von 0—4 m Tiefe in 19 Proben aus IV., 3 Proben aus VI. und 1 Probe aus VII. 1953.

3. *Saprolegnia ferax* (Gruith) Thuret 1850

Aus wenigen Proben der Juni-Untersuchung wurde diese Art isoliert, von der Höhnk (1953) eine ausführliche Beschreibung gegeben hat, mit der unsere vorliegenden Beobachtungen übereinstimmen.

Fundort: In 2 Proben aus der Oberflächenschicht des Sees. VI. 1953.

4. *Saprolegnia monoica* Pringsheim 1858

Die Art konnte nur am Ufer erbeutet werden. Als Substrat wurden Reiskörner bevorzugt.

Bei Kultur in Standortwasser erreichte die Art in 4 Tagen einen Radius von etwa 8 mm und eine basale Hyphenbreite von 15—30 μ. Die Sporangien entlassen ihre etwa 9 μ großen Zoosporen bereits vom 3. Kulturtag an ins Wasser. Überall wurde sehr reichliche Sporulation beobachtet.

Die ersten Oogone werden bereits am 2. und 3. Kulturtag angelegt. Meist stehen sie endständig auf sehr kurzen Seitenästen, seltener am Ende einer Haupthyphe. Die unregelmäßige Tüpfelung der Oogone tritt bei geeigneter Beleuchtung sehr deutlich hervor. Die Größe der Tüpfel schwankt etwas, auch ihre Form ist nicht ganz konstant. Manchmal sind sie von kleinen Wülsten umgeben. Die Größe der Oogone beträgt 50—90 μ, meist ± 70 μ. Ihre Form ist meist kugelig. Vielfach dehnt sich das Lumen des Oogons bis in die tragende Hyphe hinein aus, in der dann noch eine, selten sogar noch

zwei Oosporen beobachtet werden konnten. Die Oosporen sind meist zentrisch, selten leicht subzentrisch gebaut. Bis zu 20 Oosporen wurden pro Oogon gezählt. Ihre Größe beträgt 20,6—26,4 μ, im Mittel ± 24 μ.

Die Antheridien legen sich in Vielzahl an die Oogone an. Sie sind meist androgynen Ursprungs. Vielfach legen sich die antheridialen Seitenzweige auch an benachbarte Oogone anderer Hyphen an und sind dann mit ihren Verzweigungen für das eine Oogon androgyn, für das andere aber diklin. Von weither kommende Antheridien wurden bei dieser Art nicht beobachtet.

Im Nährboden n. Höhnk bildet die Art Antheridien und Oogone normal aus.

Fundort: Feuchter Straßengraben am See, ohne Wasser. IV. 1953.

5. *Saprolegnia spec. aff. variabilis*

Im Sommer trafen wir in zahlreichen Proben aus der Oberschicht des Sees eine dickhyphige, asexuelle Form, die Reis als Substrat bevorzugte.

Das Wachstum der Art beträgt in Standortwasser oft mehr als 20 mm im Radius. Die Hyphen erreichten an der Basis Durchmesser bis zu 30 μ, im mittleren und oberen Teil höchstens 15 μ. Sporulationen wurden nicht beobachtet, ebenso konnten keine Geschlechtsorgane gefunden werden. In allen Kulturen wurden aber reichlich Gemmen festgestellt, die aus unregelmäßigen Schwellungen entstanden und an die Sporangien von *S. variabilis* erinnern.

Nach der Ausbildung der Hyphen und den unregelmäßigen Gemmenformen wird die Form als *S. spec. aff. variabilis* bezeichnet. Eine endgültige Bestimmung kann erst nach Beobachtung der Sporulation und der Geschlechtsorgane gegeben werden.

Fundorte: 16 Proben aus 0—4 m Tiefe, VI. 1953; 13 Proben aus 0—4 m Tiefe, VII. 1953.

6. *Achlya racemosa* Hildebrand 1867

Mit Reiskörnern konnte die Art sowohl aus Bodenproben als auch aus dem freien Wasser erbeutet werden, und zwar nur im April.

Die an der Basis etwa 25 μ, in den oberen und mittleren Teilen etwa 15 μ dicken Hyphen erreichen in 6 Tagen etwa 6 mm Länge. Besonders kräftige Hyphen erreichen dabei an ihrer Basis Durchmesser von 45 μ. 70 bis 380 μ lange Sporangien entlassen in gattungstypischer Weise die etwa 9—12 μ langen Zoosporen. Oogone werden in großer Zahl meist auf kleinen Seitenästen der Haupthyphen gebildet. Sie sind meist endständig, selten nur interkalar angeordnet. Die Form der Oogone ist kugelig, selten birnförmig oder oval. Ihre Achsen messen 45—50 μ. Der Durchmesser der zentrischen Oosporen erreicht im Durchschnitt 21 μ. Bis zu 4 Oosporen werden in einem Oogon angetroffen. Die androgynen Antheridien zeigen die typische Henkelform der Art.

Fundorte: Unter der Grasnarbe am Ufer des Sees und einige Zentimeter oberhalb des Spülsaumes im Sand. Außerdem in 9 Proben aus allen Tiefenstufen des Sees. IV. 1953.

7. *Achlya colorata* PRINGSHEIM 1882

Tafel 1.

An Reis erreichen die Hyphen bei einer basalen Breite von 23—35 μ bei sehr dichtem Wuchs eine Länge von 11 mm in 8 Tagen. An Ameisenpuppen bleibt der Wuchs locker. Verzweigungen der Hyphen treten mit zunehmendem Alter der Kultur häufiger auf. Die Größe der vor der Sporangienöffnung liegenden Zoosporen beträgt 10—11 μ. Oogone entstehen bereits vom zweiten Kulturtag an auf kleinen Seitenästen oder am Ende der Haupthyphe. Ihre Form ist etwas variabel. Neben kugeligen Oogonen treten auch solche mit etwas polyedrischen Seitenwänden auf. Ihr Durchmesser schwankt zwischen 68 und 74 μ. Die Größe der Papillen auf den dunkel gefärbten Oogonmembranen schwankt ziemlich. 1—4, meist 2 zentrische Oosporen werden in jedem Oogon angelegt. Ihr Durchmesser beträgt 24 bis 33 μ, durchschnittlich 29 μ. Die Antheridien sind meist androgyn, seltener monoklin. Meist treffen 1—2 Antheridien auf ein Oogon.

Auffällig ist die Form der Antheridien. Selten nur werden glatte schlauchförmige Gebilde beobachtet. Meist weisen sie unter der bulbösen Endschwellung wulstförmige Verdickungen mit Spitzenbildung auf. Diese Spitzenbildung der Antheridien zeigt sich erst mit Beginn ihrer Reifung, nicht aber von Anfang an. Ebenso werden bei den Oogonen erst nach einiger Zeit die Papillen ausgebildet. Bei den Oogonen treten hierbei aber Unterschiede auf. Augenscheinlich liegen bei diesen homologen Organen gleichartige Bildungen vor.

Fundort: 2 Proben aus der Oberschicht des Sees. IV. 1953.

8. *Achlya radiosa* MAURIZIO 1899

Die Art wurde nur in einer Probe aus der Oberschicht des Sees gefunden. IV. 1953.

9. *Achlya megasperma* HUMPHREY 1892

Tafel 2, Abb. 3.

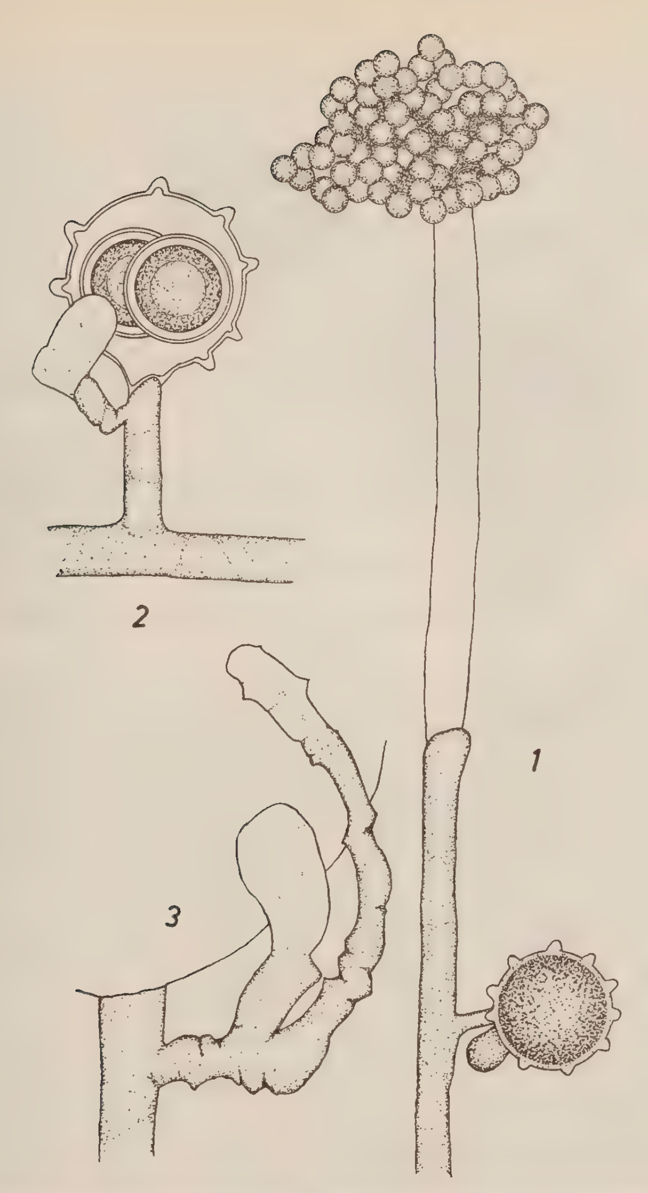
Der Wuchs der 32—60 μ dicken Hyphen erreicht in drei Wochen nur 5—6 mm. In den 450—600 μ langen Sporangien werden Zoosporen von 13,5 bis 14,1 μ Größe gebildet. Oogone entstehen besonders an den basalen Teilen der Hyphen. Meist sind sie oval bis birnförmig, seltener kugelrund gebaut. Ihr Durchmesser schwankt um 90 μ. Die Oosporen werden subzentrisch, meist 4—8 in einem Oogon beobachtet. Ihr Durchmesser schwankt zwischen 29 und 35 μ. Die Antheridien werden diklin und monoklin, selten androgyn angelegt.

Fundort: 1 Probe aus 2 m Tiefe. IV. 1953.

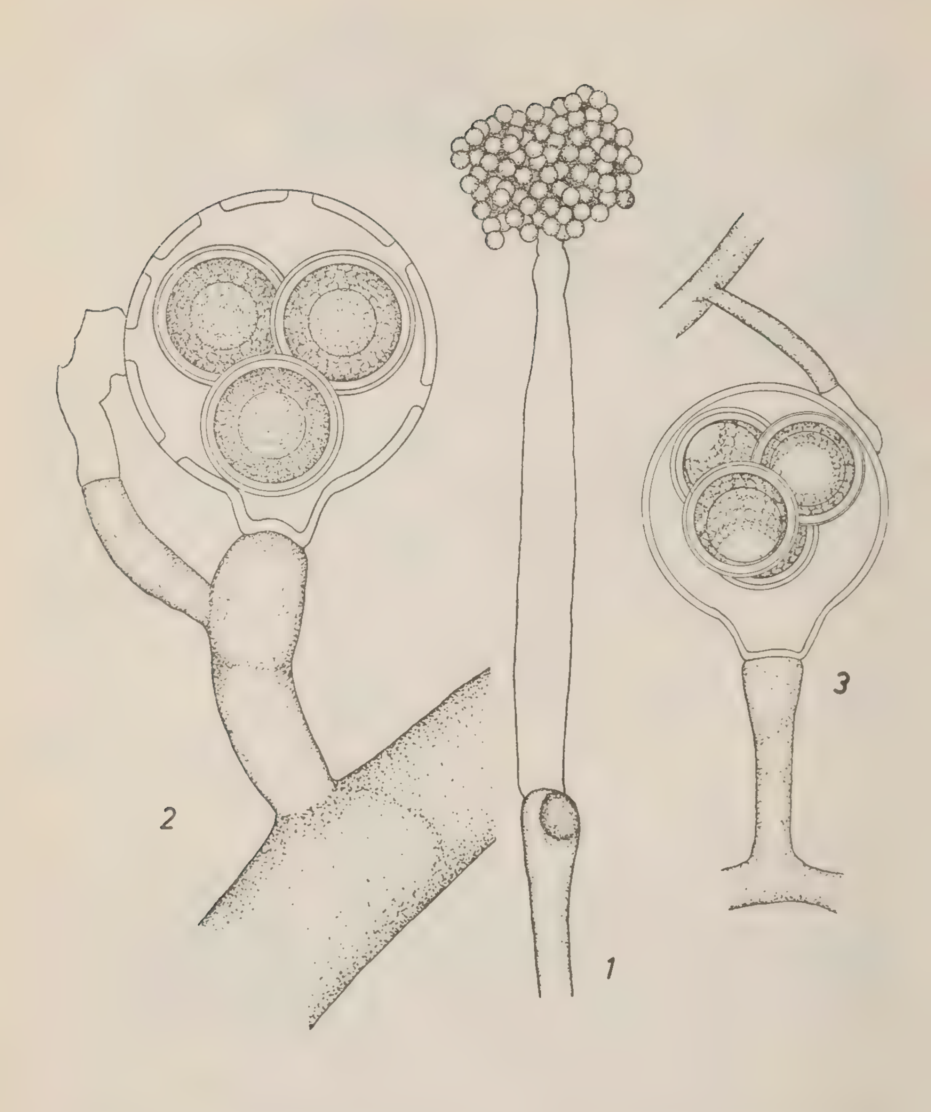
10. *Achlya conspicua* COKER 1923

Tafel 2, Abb. 1 und 2.

An Reis erreichen die basal mehr als 60 μ starken, reich verzweigten Hyphen einen Radius von 8 mm in 8 Tagen. Die Zoosporen messen 8—12 μ. Oogone entstehen endständig auf kleinen Seitenästen oder am



Tafel 1: *Achlya colorata* PRINGSHEIM; 1) Hyphenende mit Sporangium und Sexualorganen, 2) Oogon mit Oosporen, Antheridium, 3) Antheridium mit der beschriebenen Zackenbildung



T a f e l 2 : *Achlya conspicua* COKER; 1) Sporangium, 2) Oogon mit Oosporen, Antheridium; *A. megasperma* HUMPHREY, 3) Oogon mit Oosporen, Antheridium.

Ende der Haupthyphe. Überall ist die Tüpfelung deutlich ausgebildet. Der Durchmesser der Oogone beträgt 41—53 μ, im Mittel ± 48 μ. Diese Maße stammen aus Agarkulturen. 1—8 zentrisch gebaute Oosporen werden in jedem Oogon angelegt. Ihr Durchmesser schwankt von 23,6—30 μ, im Mittel ± 26 μ. Antheridien sind androgynen Ursprungs. Meist wird nur ein Antheridium am Oogon beobachtet.

In einer Kultur zeigte sich in Standortwasser reiche Sporulation an Reiskörnern, aber nur wenige Geschlechtsorgane wurden ausgebildet. Diese wenigen Geschlechtsorgane waren aber arttypisch. In einer anderen Kultur, die aus größerer Tiefe stammte, zeigte die Art bereits nach drei Tagen üppige Ausbildung der Geschlechtsorgane. Die Sporulation war fast gänzlich unterdrückt worden. Im Nährboden n. Höhnk tritt bei beiden Formen unterschiedslos eine reiche Entwicklung der Oogone und Antheridien auf.

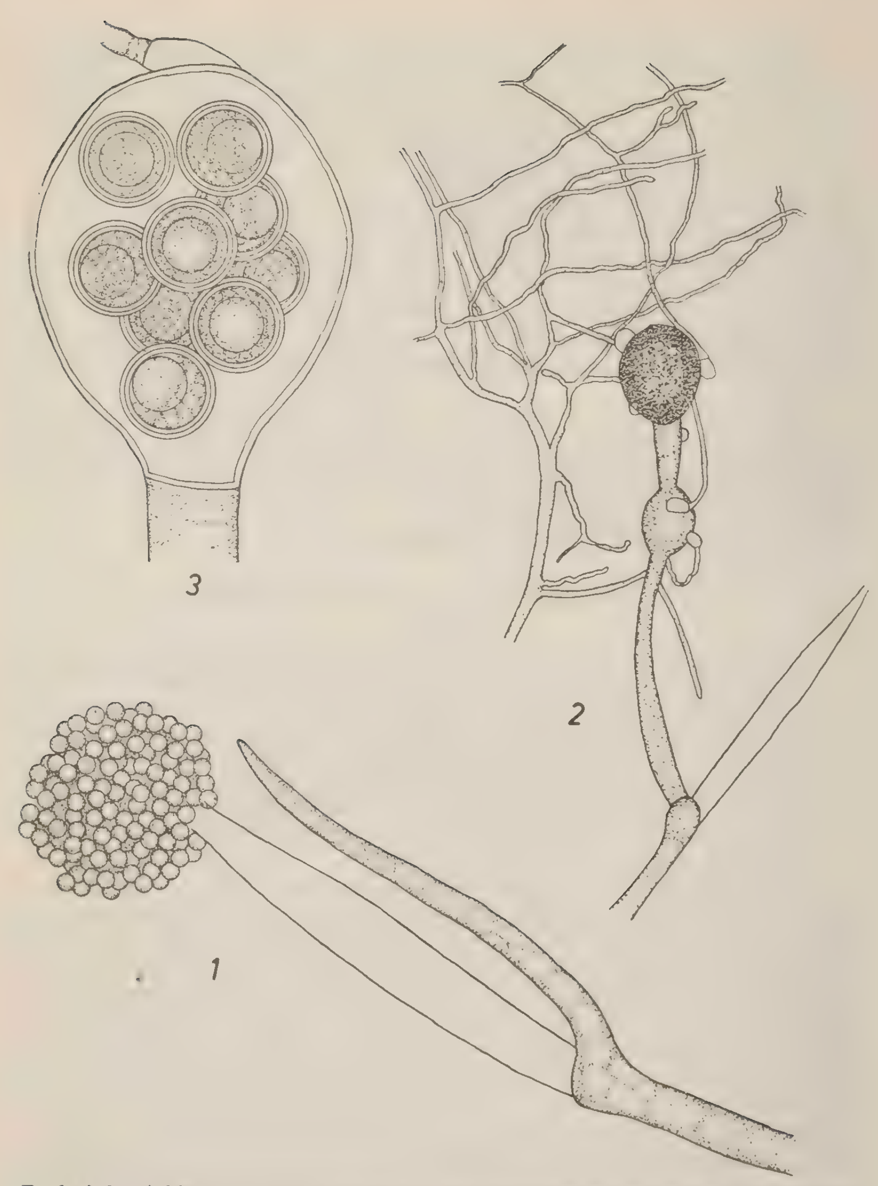
Auffällig ist bei den beobachteten Kulturen eine Bildung von Zacken am Antheridium, insbesondere im Agar. Bei älteren entleerten Antheridien tritt diese Erscheinung auch in Wasserkultur auf. Es handelt sich hier wohl um Schrumpfungserscheinungen.

Fundort: 4 Proben aus mittlerer Wassertiefe. IV. 1953.

11. *Achlya oblongata* De Bary 1888
Tafel 3

In 6 Tagen erreichen die distal 15 μ, basal 40—50 μ breiten Hyphen eine Länge von etwa 9 mm. Die Sporangien sind sehr unterschiedlich in ihrer Größe, von etwa 50—300 μ. Die Zoosporen messen 10—11 μ. Oogone werden nur distal an den Hyphenenden angelegt. Sie entstehen zunächst als kugelige Schwellungen, die den degenerativen Erscheinungen mancher Myzelien sehr stark ähneln. Die Oogone werden 62—135 μ groß, im Mittel ± 88 μ. In einem Oogon trifft man 2—15 subzentrische Oosporen von 23,5 bis 31 μ, im Mittel von ± 28 μ Größe an. Die meist diklinen Antheridien bilden ein dichtes Geflecht um die Oogone.

Durch die Anlage der Oogone an den Enden der Hyphen, nicht in deren unteren Teilen, entsteht oft das Bild eines „Oogonrasens". Die ganzen Myzelien sind dann an der Oberfläche mit Oogonen überzogen. Die feinen antheridialen Hyphen lassen sich leicht von den wesentlich stärkeren Oogonhyphen unterscheiden. Von den unteren Teilen des Myzels abzweigend, durchwachsen die antheridialen Hyphen das ganze Hyphengeflecht. Reiche Verzweigungen führen ihre Seitenäste zahlreichen Oogonen zu. Oft kann man beobachten, daß 10—15 Oogone von einer antheridialen Hyphe und deren Verzweigungen versorgt werden. Da jedes Oogon aber von mehreren solcher Zweige erreicht wird, entsteht ein dichtes Geflecht solcher Antheridienäste zwischen den normalen Hyphen und den Oogonträgern. Oft liegen die Antheridien auch an einem Oogon in mehreren Lagen übereinander, um dann an einer freien Stelle ihren Befruchtungsschlauch ins Innere des Oogons zu entsenden.



Tafel 3: *Achlya oblongata* De Bary; 1) Hyphenende mit entleertem Sporangium, 2) Oogonschwellungen und antheridiale Fäden mit Antheridien, 3) Oogon mit reifen Oosporen.

Im Nährboden n. Höhnk zeichnet sich die Art durch einen sehr feinhyphigen Wuchs aus. Fortpflanzungsorgane werden hier nicht gebildet. Die Hyphen kommen aber in unregelmäßiger Anordnung an die Oberfläche des Agars und lassen so bei geringer Vergrößerung ein charakteristisches Bild erscheinen, aus dem man mit einiger Sicherheit die Myzelien gegen andere Arten abgrenzen kann.

Fundorte: Aus der Tiefe des Sees unterhalb 4,50 m: 13 Proben IV., 1 Probe VI. 1953.

12. *Achlya spec.*

In zahlreichen Kulturen wurden asexuelle Formen der Gattung *Achlya* beobachtet, die wohl noch sporulierten, aber keine Geschlechtsorgane mehr ausbildeten. Diese werden hier unter der Bezeichnung *Achlya spec.* zusammengefaßt, obwohl es sich sicherlich um mehrere Typen handelt. Sie traten besonders im Sommer in den Vordergrund.

Fundorte: Aus der ganzen Wassersäule: 18 Proben IV., 28 Proben VI. Aus den oberen Teilen der Wassersäule: 23 Proben VII. 1953.

13. *Aphanomyces laevis* De Bary 1860

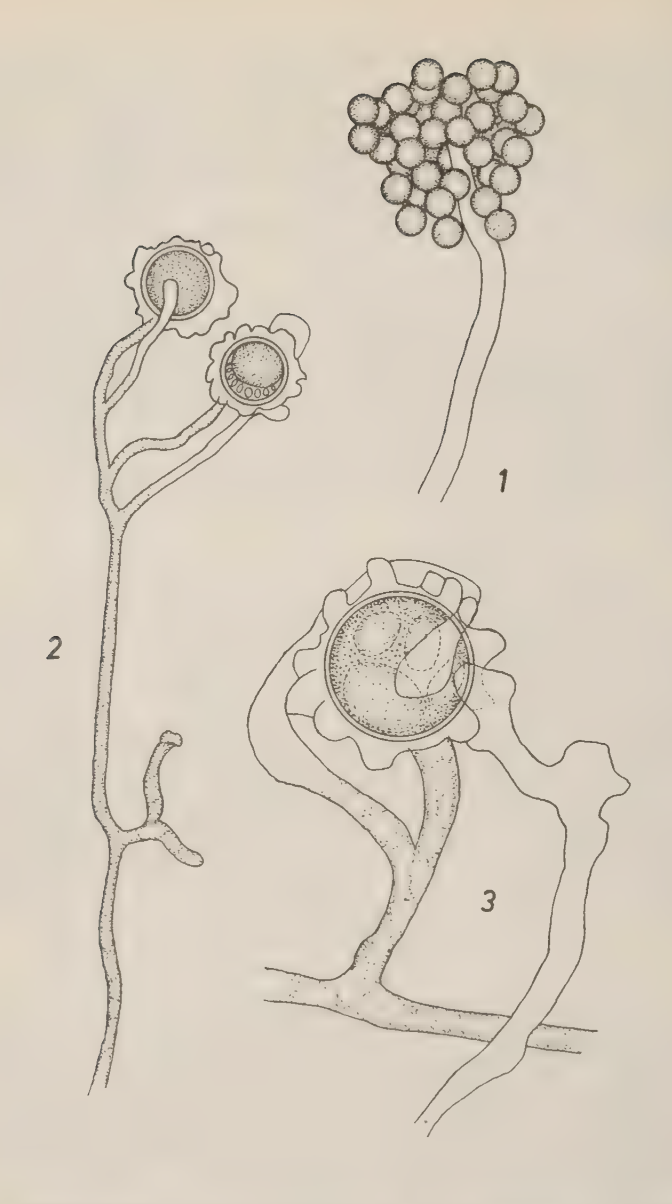
In 7 Tagen erreichen die etwa 5—9 μ dicken Hyphen eine Länge von etwa 4 mm. Die Hyphen sind reich verzweigt. 7—8 μ große Zoosporen werden aus den Sporangien entleert. Oogone entstehen entweder terminal endständig oder seltener interkalar. Ihre Größe schwankt zwischen 22,6 und 28 μ, meist um 26 μ. Die Form der Oogone ist rundlich kugelförmig, seltener birnförmig. Nach dem Ausreifen der aplerotischen Oosporen tritt fast regelmäßig eine Schrumpfung der Oogonwand auf, die dann der von *A. scaber* sehr ähnelt. Oosporen werden in der Einzahl in jedem Oogon gebildet. Ihr Bau ist zentrisch, manchmal auch leicht subzentrisch. Ihr Durchmesser beträgt 17,1—23,9 μ, im Mittel ± 21 μ. Die Antheridien sind monoklinen wie auch diklinen Ursprungs.

Fundorte: Sandiger Weg am Silbersee, 2 Proben aus dem See, IV. 1953.

14. *Aphanomyces stellatus* De Bary 1860
Tafel 4

In 10 Tagen erreicht das Myzel mit seinen 5—7 μ dicken Hyphen einen Radius von 2—3 mm. Die Zoosporen messen etwa 9—10 μ. Oogone werden endständig auf kleinen Seitenästen oder auch am Ende einer Haupthyphe angelegt. Sie sind überzogen von unregelmäßigen, etwa 3—4 μ hohen Papillen. Der Durchmesser der Oogone beträgt mit den Papillen 25—32 μ, im Mittel ± 29 μ. Der Durchmesser der exzentrischen Oosporen erreicht 17,6—21,2 μ, im Mittel ± 19 μ. Es können androgyne, monokline und dikline Antheridien beobachtet werden.

Fundorte: 4 Proben von der Oberfläche und aus der Tiefe des Sees, IV. 1953.



Tafel 4: *Aphanomyces stellatus* De Bary; 1) Sporangienende, 2) Hyphe mit Oogonen, 3) Oogon mit Antheridien.

15. *Aphanomyces spec.*

Unter dieser Bezeichnung werden alle asexuellen Formen zusammengefaßt, die während der Untersuchungen gefunden wurden. Nur im Frühjahr fanden sich die beiden eben aufgeführten Arten, die einen vollständigen Lebenszyklus zeigen.

Fundorte: 32 Proben aus der ganzen Wassersäule, IV., 30 Proben aus der ganzen Wassersäule, VI., 20 Proben aus der ganzen Wassersäule, VII. 1953.

16. *Dictyuchus sterile* Coker 1923

Bei älteren Kulturen konnte vielfach beobachtet werden, daß die Zoosporen das Sporangium nicht mehr verlassen, das dadurch zu einem Dauerorgan wird. Diese Sporangien brechen dann an ihrem Ansatz an der tragenden Hyphe ab und sinken in der Kulturschale zu Boden.

Fundorte: 2 Proben Oberfläche und Tiefe, IV., 19 Proben aus der Oberschicht, VII. 1953. Vielfach am Ufer.

17. *Thraustotheca clavata* (De Bary) Humphrey 1893

Die Art ist ausführlich bei Höhnk (1952) beschrieben worden. Unsere Funde entsprechen den dort gegebenen Beschreibungen und Abbildungen und halten sich in den dort genannten Maßen.

Fundort: Frisch gepflügter Geestacker, Oberfläche, IV. 1953.

18. *Geolegnia spec.*

Die Oogone der Art sind etwa kugelförmig, um 25 μ groß, mit jeweils einer Oospore. Die Oosporen sind von einer stacheligen Membran umgeben. Ihre Größe beträgt etwa 15 μ, ihr Bau ist subzentrisch. Antheridien konnten nicht mit Sicherheit beobachtet werden.

Leider wuchs die Art nicht auf unserem Nährboden und es konnten aus Zeitmangel keine weiteren Kulturversuche und Studien angestellt werden. In den Rohkulturen zeigte die Art auch Sporangienbildung.

Fundort: Südseite eines Heidehanges unter *Erica*, IV. 1953.

Pythiaceae

19. *Pythium monospermum* Pringsheim 1858

Eine Beschreibung der Art findet sich bei Höhnk (1953). Von den dort aufgeführten Maßen weichen die Funde aus dem Silbersee etwas ab. Die Größe unserer Oogone beträgt 15—23,5 μ, im Mittel $\pm$ 22 μ. Die Oosporen erreichen Durchmesser von 11,8—20,0 μ, im Mittel $\pm$ 17 μ. Damit halten sich unsere Formen an der unteren Grenze der von Höhnk angegebenen Maße.

Fundorte: Acker an der Geest; 11 Proben im See, IV., 16 Proben VI., 2 Proben VII. 1953.

20. *Pythium gracile* SCHENK 1859

Fundort: 2 m Wassertiefe, VII. 1953.

21. *Pythium torulosum* COKER et PATTERSON 1927

Eine Beschreibung der Art gibt HÖHNK (1953), von der auch bei dieser Art die Maße der Oogone etwas abweichen. Sie sind in den Kulturen aus dem Silbersee 11,8—20,1 μ groß, im Mittel ± 19 μ.

Fundorte: Aus der ganzen Wassersäule im IV. 7 Proben, im VI. 13 Proben, im VII. aus der Oberschicht 6 Proben.

22. *Pythium graminicolum* SUBR. var. *stagni* HÖHNK 1953

Die Art entspricht völlig den Angaben bei HÖHNK (1953). In Silberseewasser zeigten die Pilze sehr zahlreiche Geschlechtsorgane, dagegen nicht so üppige Sporulation. Die Form scheint nicht nur im dest. Wasser (HÖHNK. l. c.), sondern auch im Süßwasser des Standorts ihre Geschlechtsorgane kräftig zu entfalten.

Fundorte: 3 Proben aus allen Tiefen, VI., 1 Probe aus der Oberschicht, VII. 1953.

23. *Pythium proliferum* DE BARY 1860

Die Art wurde in einigen Proben aller drei Untersuchungen gefunden.

24. *Pythium undulatum* PETERSEN 1909

Im Juni wurde die Art in einer Probe gesehen.

25. *Pythium carolinianum* MATTHEWS 1931

Auch diese Art konnte nur in einer Probe aus dem April isoliert werden.

26. *Pythium spec. 1*

Die sparrig verzweigten, etwa 3 μ dicken Hyphen erreichen in 3 Wochen eine Länge von etwa 8 mm. Zahlreiche Sphaerosporangien, die aber nicht sporulierten, wurden beobachtet. Sie zeigten besonders in älteren Kulturen gemmenartigen Charakter. Ihr Durchmesser schwankt zwischen 20,6 und 29,4 μ, im Mittel ± 23—24 μ. Geschlechtsorgane wurden nicht beobachtet.

Fundort: Feuchter Straßengraben am Silbersee, IV. 1953.

27. *Pythium spec.*

Unter dieser Bezeichnung werden alle weiteren asexuellen Formen der Gattung zusammengefaßt, die eine genauere Abgrenzung gegen andere Formen nicht zuließen. Solche Myzelien wurden in jeder Untersuchung gefunden.

Fundorte: Aus der ganzen Wassersäule 15 Proben IV., 12 Proben VI. und 11 Proben VII. 1953.

28. *Phytophthora spec.*

In zahlreichen Proben fand sich ein *Phytophthora*-Myzel, das besonders üppig an Reiskörnern wächst. Die Form zeichnet sich durch einen sehr sauberen Wuchs der Hyphen aus. Niemals werden irgendwelche „Verschmutzungen" der Hyphen beobachtet, wie man sie in alten Wasserkulturen anderer Pilze leicht findet.

Bei Kultur in Standortwasser erreichen die 6—9 μ dicken Hyphen in 7 Tagen etwa 16—35 mm Länge. Das Myzel ist überall stark verzweigt. Sporulation und Ausbildung von Geschlechtsorganen wurde nicht beobachtet. Vielfach treten aber interkalare Kugelschwellungen mit deutlich entwickelter Membran auf. Im Plasma dieser Kugeln finden sich zahlreiche Ölkugeln. Die Größe dieser meist interkalaren, seltener endständigen Schwellungen schwankt um 41—60 μ, im Mittel $\pm$ 52 μ.

Fundorte: Aus der ganzen Wassersäule 13 Proben IV., 25 Proben VI., 7 Proben VII. 1953.

Olpidiopsidaceae

29. *Olpidiopsis saprolegniae* (BRAUN) CORNU 1862

Die Art wurde vereinzelt in *Saprolegnia*-Hyphen der April-Untersuchung beobachtet.

Fungi imperfecti

30. *Phomopsis spec.*

In zahlreichen Proben aller Untersuchungen trat dieser Pilz auf. Seine Pycnosporen erreichen Größen um 4 μ.

Fundorte: In der ganzen Wassersäule 11 Proben IV., 10 Proben VI., 7 Proben VII. 1953.

Zusammenfassung

Aus dem oligotrophen Silbersee und seinem Ufer wurden in den Monaten April, Juni und Juli 1953 insgesamt 145 Proben entnommen, aus denen 483 Myzelien isoliert wurden. Dabei ergab sich eine typische Aufeinanderfolge der Gattungen der *Saprolegniaceae* von der trockenen Geest über die feuchte Uferzone bis in den See hinein.

In der hier untersuchten Oomycetenflora im See herrschen im Frühjahr Formen mit voll ausgebildetem Lebenszyklus vor. Zum Sommer hin treten asexuelle Formen immer stärker in den Vordergrund. Auf den Einfluß der Temperatur, der diese Erscheinung neben anderen Faktoren mit bedingen mag, wird hingeweisen.

In allen Untersuchungen zeigte sich ein bestimmtes Abundanzverhältnis der Gattungen *Saprolegnia* und *Achlya*, das für den Silbersee charakteristisch ist und möglicherweise als ökologischer Indikator dienen kann.

Im systematischen Teil werden 29 *Phycomycetes* und 1 *Fungus imperfectus* behandelt.

Anschrift des Verfassers:

Dr. K. J. Bock, Bayerische Biologische Versuchsanstalt, München, Veterinärstraße.

Literaturverzeichnis

COKER, W. C. 1923. The Saprolegniaceae. Chapel Hill.

HÖHNK, W. 1933. Polyplanetism and Zoospore Germination in Saprolegniaceae and Pythium. Am. J. Bot. **20**, 45—62.

HÖHNK, W. 1952. Die in Nordwestdeutschland gefundenen ufer- und bodenbewohnenden Saprolegniaceae. Veröffentl. Inst. Meeresf. Bremerhaven **1**, 52—90.

HÖHNK, W. 1953. Studien zur Brack- und Seewassermykologie III: Oomycetes: Zweiter Teil. Veröffentl. Inst. Meeresf. Bremerhaven **2**, 52—108.

HÖHNK, W. und K. J. BOCK. 1954. Ein Beitrag zur Ökologie saprophytischer Wasserpilze. Veröffentl. Inst. Meeresf. Bremerhaven **3**, 9—26.

MATTHEWS, V. D. 1931. Studies on the Genus Pythium. Chapel Hill.

MIDDLETON, J. T. 1943. The Taxonomy, Host Range and Geographic Distribution of the Genus Pythium. Mem. Torrey Botan. Club **20**, 1—171.

SPARROW, F. K. jr. 1943. Aquatic Phycomycetes exclusive of the Saprolegniaceae and Pythium. Univ. of Michigan Press.

TUCKER, C. M. 1931. Taxonomy of the Genus Phytophthora De Bary. Univ. of Missouri Res. Bull. **153**.

Zur Morphologie des Vorderdarmes der monostiliferen Hoplonemertinen

Von Hermann Friedrich

Der Grundtyppus des Vorderdarmes der monostiliferen Hoplonemertinen ist folgendermaßen zu kennzeichnen: In der Regel mündet der Oesophagus in den vorderen Abschnitt des Rüsselsystems, in das Rhynchodaeum; nur in Ausnahmefällen ist die Öffnung des Oesophagus von der des Rhynchodaeums getrennt. In einigen Fällen ist der Oesophagus so kurz, daß er ganz zu fehlen scheint. Nach hinten geht der vorderste Darmabschnitt in den Magen über, der als ein in Längsrichtung vielfach gefalteter, gestreckter Sack erscheint. Dieser setzt sich bei Abnahme der Falten und Abflachung seines Lumens in das Pylorusrohr fort, das unterhalb des Rhynchocoeloms gestreckt nach hinten verläuft und von oben her in der Medianen in den Mitteldarm einmündet. — Der Mitteldarm selber erstreckt sich über die Einmündung des Pylorus hinaus als ein Blindsack nach vorn, der sehr kurz sein kann, bisweilen aber auch bis in die Höhe des Gehirns nach vorn reicht; er ist in verschiedener Weise mit Seitentaschen versehen, am vorderen blinden Ende oft mit zwei mehr oder weniger weit nach vorn reichenden Taschen ausgestattet. Es ergeben sich demzufolge die schematischen Abbildungen a der Tafel 1 und 2 als „Normaltypus".

Von diesem sind mehrfach Abweichungen beschrieben worden, die in der systematischen Literatur weit verstreut sind. Eine Zusammenstellung dieser Abweichungen scheint mir wünschenswert, weil die überraschende Vielgestaltigkeit dieses Organsystems zur Beurteilung der ganzen Gruppe beitragen kann, zumal mir eine Reihe neuer Befunde vorliegt. Diese Funde wurden erhoben an einem umfangreichen Material aus isländischen und grönländischen Gewässern, das mir vom Zoologischen Museum in Kopenhagen zur Bearbeitung übergeben wurde.*) Verwendet sind weiterhin Ergebnisse, die an einem aus Chile stammenden Material, das ebenfalls in Bearbeitung ist, gewonnen wurden. Ich beschränke mich auf die Darstellung der anatomischen Verhältnisse, lasse also eine Beschreibung der histologischen Eigenarten der einzelnen Darmabschnitte beiseite. Es ist aber zu betonen, daß die verschiedenen anatomisch abgegliederten Abschnitte durch ihren besonderen histologischen Aufbau gekennzeichnet sind. Dieser bezieht sich in erster Linie auf Zahl und Art der Drüsen, Art des Epithels und der Bewimperung.

---

*) Diese Bearbeitung wurde nur möglich durch eine Sachbeihilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft, für die auch an dieser Stelle bestens gedankt sei.

Die bisher in der Literatur beschriebenen Abweichungen beziehen sich sowohl auf Vereinfachungen als auch auf Komplikationen des Vorderdarmes. Vereinfachungen sind z. B. dadurch gegeben, daß der Magen sich direkt in das Rynchodaeum öffnet, ein Oesophagus also fehlt. Als Beispiele können genannt werden: *Nemertellopsis* FRIEDRICH, *Oerstedia dorsalis* ABDG. In einigen Fällen ist der Mitteldarmblindsack nur ein einfacher gerader Schlauch ohne Seitentaschen, selten fehlt er ganz, so daß Pylorus und Mitteldarm ein kontinuierliches Rohr bilden, z. B. *Atyponemertes* FRIEDRICH, *Alaonemertes* STIASNY-WIJNHOFF, *Zygonemertes africana* WIJNHOFF, *Amphiporus insolitus* IWATA, den ich wegen dieser und anderer Abweichungen im anatomischen Bau nicht zur Gattung *Amphiporus* rechnen möchte. Der Pylorus fehlt bei *Africanemertes* STIASNY-WIJNHOFF, *Austroprostoma* STIASNY-WIJNHOFF.

Ähnlich mannigfaltig sind die zu beobachtenden Komplikationen, die im Bereich des Vorderdarmes auftreten und sich als blindsackartige Anhänge verschiedener Art darstellen. Einleitend wurde bereits bemerkt, daß der Mitteldarmblindsack sehr verschieden lang sein kann. Die von ihm ausgehenden, nach vorn gerichteten Taschen sind bisweilen sehr kurz, in anderen Fällen ziehen sie bis ans Gehirn oder sogar darüber hinaus.

Einen einfachen Blindsackanhang am Oesophagus beschreibt COE 1905 bei *Amphiporus rubellus:* „Esophagus presents two distinct chambers well differentiated anatomically and histologically, and situated one above the other. The ventral branch — esophageal caecum — is directly continuous with esophagus, and is tined with typical esophageal epithelium. It continues as a narrow tube as far as the posterior end of the nephridial region, where it ends blindly. The broad dorsal chamber, or stomach, opens from the dorsal wall of esophagus a short distance behind the brain, . . ." (l. c. p. 275). Hier ist klar gesagt, daß der Fortsatz des Oesophagus typisches oesophageales Epithel enthält, so daß sich danach das schematische Bild b der Tafel 1 ergibt.

Ähnliche Strukturen liegen bei *A. bimaculatus* COE 1904 vor, doch sind hier leider keine Angaben über die Histologie des Oesophagusanhanges gemacht, der sich so stark erweitert wie der Magen selber.

Bei *A. marmoratus* HUBRECHT 1879 (nach JOUBIN 1890) sowie bei *Cratenemertes (Amphiporus) occidentalis* COE 1905 kommt als weitere Komplikation hinzu, daß einerseits der Oesophagus nach hinten mit einem Blindsack endet, andererseits der Magen an der Dorsalseite über die Verbindungsstelle mit dem Oesophagus hinaus einen Blindsack nach vorn bildet (Abb. c Tafel 1). Für eines seiner Tiere erwähnt COE an dem Blindsack des Oesophagus einen nach vorn umgebogenen Appendix, dessen histologischer Aufbau von dem des eigentlichen Blindsacks verschieden ist. Möglicherweise hat COE zwei verschiedene Arten vor sich gehabt, doch macht er keine weiteren Angaben dazu.

PUNNETT 1901 stellt die Art *A. arcticus* auf und sagt, daß der Darmkanal „resembles that figured by JOUBIN for *A. marmoratus.* The ventral unpaired diverticulum, however, is longer than in the last species, extending past the median portion of the true blind gut (p. 94)."

Diese auffällige Übereinstimmung zwischen den drei Arten *A. marmoratus, A. arcticus* und *A. occidentalis* fordert naturgemäß zu einem näheren Vergleich heraus. *A. occidentalis* ist zweifellos unabhängig von den beiden anderen Arten, da die durchflochtene Muskulatur der Rhynchocoelwand in Verbindung mit anderen Merkmalen auf eine andere Gattung *(Cratenemertes* FRIEDRICH 1955) hinweist. Der Status der beiden anderen Arten muß offen bleiben, da die Beschreibungen für eine Beurteilung nicht ganz ausreichend sind. Allein das relative Längenverhältnis der unpaaren Blindsackanhänge an Magen und Mitteldarm dürfte für eine Unterscheidung nicht ausschlaggebend sein.

GERING 1913 berichtet bei *Cratenemertes (Amphiporus) bergendali* von zwei kurzen, zum Teil übereinander liegenden unpaaren Blindsäcken am Magen, die nach vorn gerichtet sind und ventral vom Oesophagus liegen. Nach diesen Angaben ergibt sich das Schema Abb. d Tafel 1. Zwei von STIASNY-WIJNHOFF 1942 beschriebene Gattungen weisen Blindsäcke am Magen auf: *Africanemertes* besitzt einen kurzen ventralen Blindsack unter dem vorderen Abschnitt des Mitteldarms, bei *Alaonemertes* reichen vom Magen nach oben und vorn gerichtete Taschen zwischen Gehirn und Rhynchocoelom.

Mit diesen Hinweisen ist schon eine erstaunliche Vielgestaltigkeit in der Ausgestaltung des Vorderdarmes gekennzeichnet, die bei den verschiedensten Gattungen in Erscheinung tritt; entwicklungsgeschichtlich dürften die verschiedenen Typen also vermutlich nicht in unmittelbarer Beziehung zueinander stehen und daher, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, als unabhängig voneinander entstanden zu betrachten sein.

Leider enthalten die Beschreibungen im allgemeinen nur Angaben über das äußere anatomische Bild des Darmes, außer Hinweisen auf Faltenbildung aber keine näheren Angaben über die Art der Kommunikation zwischen den einzelnen Darmabschnitten. Hier kann nun eine Reihe interessanter Beobachtungen mitgeteilt werden. Die Untersuchung erfolgte an Querschnittserien (10 μ), aus deren aufeinanderfolgenden Bildern der Gesamtverlauf rekonstruiert wurde. Eine Benennung der Formen, bei denen die verschiedenen Gestalten des Vorderdarmes beobachtet wurden, kann noch nicht erfolgen, da die systematische Durcharbeitung noch nicht abgeschlossen ist. Mir schien jedoch eine Trennung der morphologisch wichtigen Befunde von den systematischen wichtig, da erfahrungsgemäß morphologisch bedeutsame Tatsachen in systematischen Arbeiten vielfach nicht gesucht werden.

Typ A. Äußere Blindsäcke sind nicht vorhanden. Der an sich wenig voluminöse Magen zeigt von der Dorsalseite her eine starke mediale Längsfalte, die sich nach hinten zu von der Verbindung mit der äußeren Magenwand löst und zipfelförmig nach hinten in das Lumen des Magens hineinragt. Das Epithel dieses Zipfels ist ringsum unverletzt, so daß es sich nicht um ein bei der Konservierung entstandenes Artefakt handeln kann. Ohne Besonderheiten geht der Magen hinten in den Pylorus über (Abb. b Tafel 2).

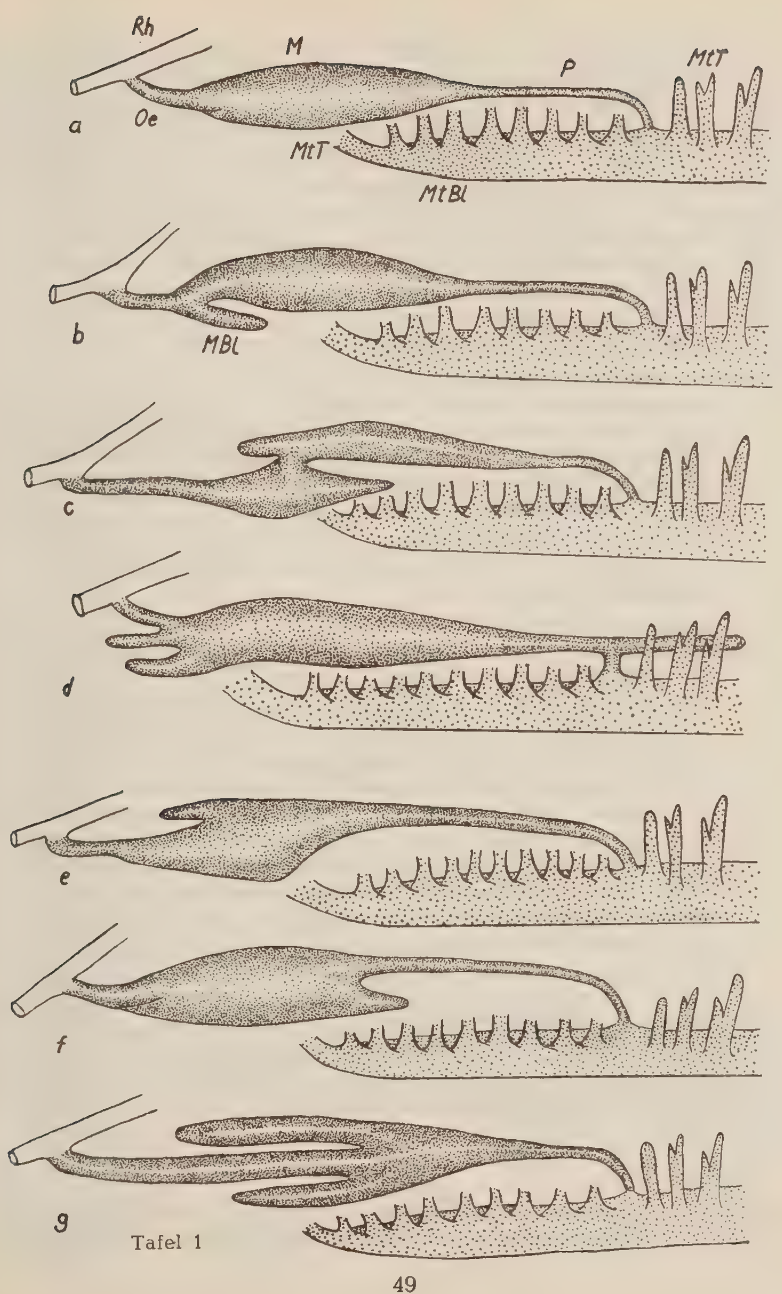
Typ B. Die Seitenteile des Magens dehnen sich um die mediane ventrale Partie des Magens herum aus und umwachsen sie, so daß der ventrale Teil der Magenwand, in das Innere des Magens abgedrängt, als ein tütenförmiger Zipfel nach hinten ragt. Die Gestaltung des Magens im einzelnen ist von den individuellen Kontraktionszuständen abhängig, wogegen die Abschnürung als solche nicht durch Einflüsse der Konservierung gedeutet werden kann. Der Magen geht kontinuierlich in den Pylorus über (Abb. c Tafel 2).

Typ C. Die wichtigsten Stadien im Verlauf der Querschnittserie stellen sich folgendermaßen dar: Unmittelbar hinter dem Gehirn ein einfacher, relativ kleiner Magenquerschnitt, der sich allmählich nach hinten erweitert. Dann ist dorsal vom Magen ein zweiter quergestellter, wenig gefalteter Raum getroffen; seine Wand verschmilzt weiter hinten mit der dorsalen Magenwand, und auf den nächsten Schnitten verschwindet diese gemeinsame Wand, so daß der Magen halbkreisförmig an den oberen Raum angeschlossen erscheint. Im weiteren Verlauf der Serie verliert der ventrale Teil an Umfang und hört ganz auf, während der dorsale Raum sich nach hinten kontinuierlich in das Pylorusrohr fortsetzt und in üblicher Weise in den Mitteldarm einmündet. Es ist also ein dorsaler, nach vorn gerichteter Blindsack am Magen vorhanden (Abb. e Tafel 1).

Typ D. Ein ebenfalls recht einfach gestaltetes Bild ergibt sich daraus, daß der Magen sich als ein Blindsack unter den Anfangsteil des Pylorus fortsetzt, der Pylorus also nicht als die distale Fortsetzung des Magens erscheint, Abb. 1 f. Der dorsale und dorsolaterale Teil der Magenwand nahm schon vorher den histologischen Charakter des Pylorus an, während ventral bis zum Ende des Blindsacks das typische drüsenreiche Magenepithel erhalten bleibt.

Tafel 1

Schematische Darstellung der Vorderdarmregion verschiedener Hoplonemertinen. Dunkel punktiert Magen und Pylorus im Längsschnitt. Näheres s. Text.



Tafel 1

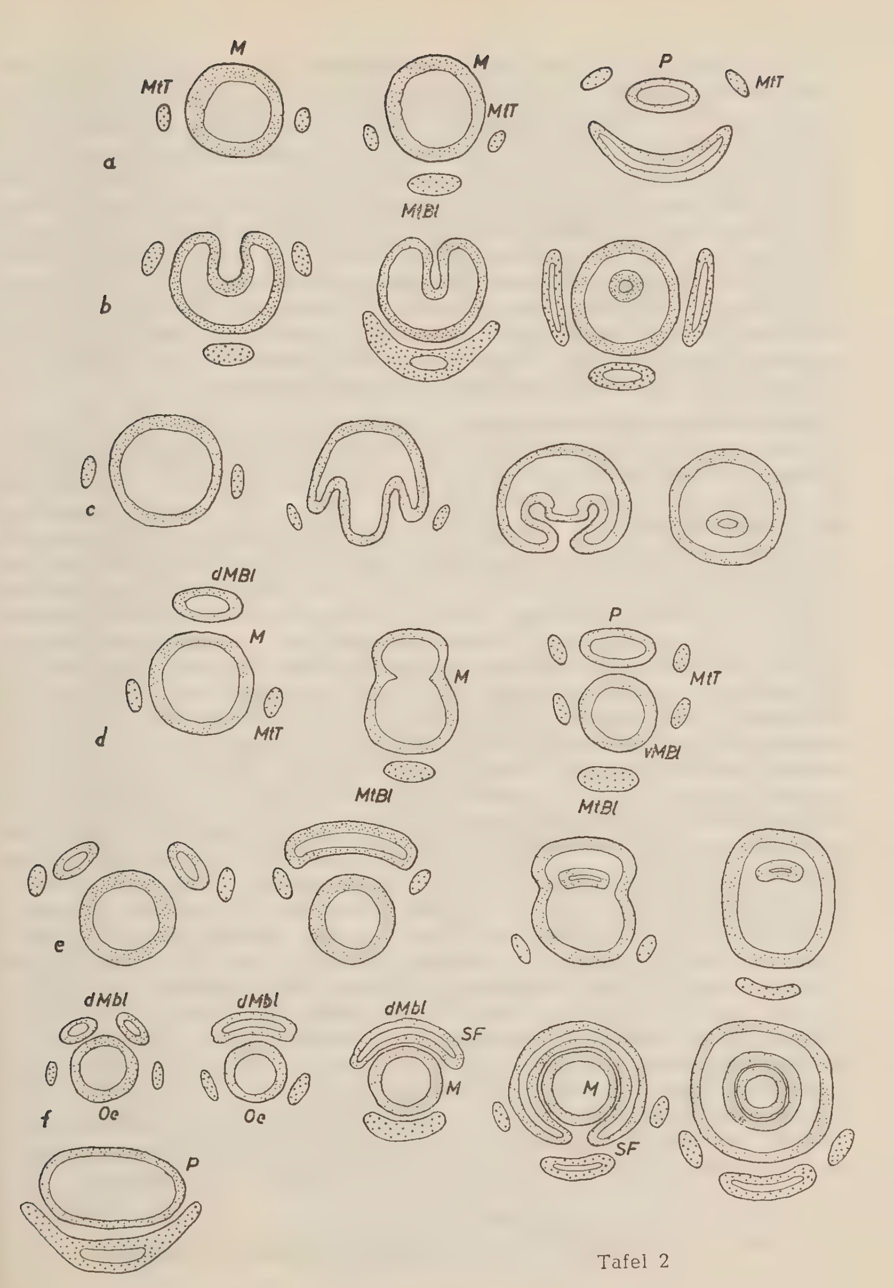
Eine Kombination von Typ C und D ergibt ohne weiteres das Bild, wie es für *A. marmoratus* gegeben wurde. Dieser „*marmoratus*"-Typ ist mir mehrmals begegnet, ohne daß Identität der Arten bestünde. Dabei ist aber die Art, in der die verschiedenen Teile miteinander in Verbindung stehen, durchaus verschieden. Während in einem Falle eine einfache Abschnürung erfolgt (Abb. d Tafel 2), tritt im anderen folgendes ein: Der dorsale, nach vorn gerichtete Blindsack des Magens zeigt auf nachfolgenden Schnitten seitlich zipfelförmige Erweiterungen, die an den Seiten des Magens an die Magenwand herantreten und hier eine Verbindung herstellen. Das dorsale Magendach und die ventrale Wand des Blindsacks treten dabei miteinander in Verbindung und ragen im Schnitt ein Stück weit zipfelförmig nach hinten, liegen also frei im Lumen (Abb. e Tafel 2).

Typ E. Der mit dem „*marmoratus*"-Typ erreichte Zustand kann weitere Komplikationen dadurch erhalten, daß auf einem Querschnitt durch die vordere Magenregion dorsal vom Magen nicht nur ein, sondern zwei Teile getroffen werden, die sich als zwei nach vorn gerichtete Fortsätze des Magens erweisen (Abb. 2e) oder dadurch, daß der nach hinten gerichtete Magenblindsack nochmals geteilt ist, so daß in einem Querschnitt unter dem Rhynchocoelom folgen: der Pylorus, ein oberer, ein unterer Magenblindsack und der Mitteldarmblindsack.

Typ F. Ohne auf weitere kleinere Modifikationen eingehen zu können, sei hier noch eine besonders interessante Erscheinung näher beschrieben (Abb. f Tafel 2). Der Oesophagus ist lang. Auf Schnitten hinter dem Gehirn wird dorsolateral vom Oesophagus je eine Tasche getroffen, die sich zu einem quergestellten Raum vereinigen. Während der Oesophagus unter allmählicher geringer Erweiterung und unter Annahme der histologischen Struktur in den Magen übergeht, treten an dem dorsalen Raum jederseits nach unten gerichtete Zipfel auf, die in Wirklichkeit Längsfalten sind. Diese umschließen den Magen seitlich und an der Ventralseite und verschmelzen schließlich so miteinander, daß der röhrenförmige Magen von einem Hohlzylinder umschlossen wird. Die innere Wand dieses Hohlzylinders legt sich der Wand des Magenrohrs vollkommen an. Das Magenrohr endet innerhalb des Hohlzylinders offen, so daß für die aufgenommene Nahrung eine durchgehende, allerdings sehr enge Passage vorhanden ist. Der äußere Raum verschmälert sich und mündet weiter hinten in üblicher Weise in den Mitteldarm, so daß sich insgesamt im konstruierten Längsschnitt das merkwürdige Bild (Abb. g Tafel 1) ergibt.

Tafel 2

Schematische Querschnitte durch die Vorderdarmregion verschiedener Hoplonemertinen zur Erläuterung der Taschen- und Faltenbildungen. Näheres s. Text.


M
MtT
a
M
MtT
MtBl
P
MtT
b
c
dMBl
M
d
MtT
M
P
MtT
vMBl
MtBl
MtBl
e
dMbl
dMbl
dMbl
SF
M
f
Oe
Oe
M
SF
P

Tafel 2

Nach dem histologischen Bild müßten die Teile dieses merkwürdig gestalteten Vorderdarmes folgendermaßen bezeichnet werden: Von der Einmündung in das Rhynchodaeum bis zur Vereinigung der beiden dorsalen Taschen zu dem quergestellten Raum als Oesophagus, anschließend als Magen, der von dem Pylorus umschlossen wird, d. h. der Pylorus bildet den das Magenrohr umschließenden Hohlzylinder. Bei der geringen Weite des Magenrohres ist anzunehmen, daß wenigstens ein Teil der Magenfunktion vom Pylorus übernommen wurde. Es ist aber durchaus denkbar, daß diese Form als Sauger flüssige Nahrung aufnimmt und nicht, wie die meisten übrigen Nemertinen, ein Schlinger ist. Dem Vorderdarm könnte dann die Funktion einer Saugpumpe zukommen. Leider liegen aber hier wie in anderen Fällen keinerlei Angaben über die Lebensweise und die Fundumstände vor, die einen Rückschluß gestatten würden.

Die hier kurz gekennzeichneten Abänderungen im Bau des Vorderdarmes gegenüber dem „Normaltypus" stellen nur eine Auswahl besonders charakteristischer Fälle dar. Im einzelnen ergeben sich weitere besondere Modifikationen, auf deren Darstellung ich glaube hier verzichten zu können. Ein Urteil darüber, welche Bedeutung diesen besonderen Darmstrukturen für die allgemeine Morphologie der Hoplonemertinen zukommt, ist noch nicht möglich, doch dürfte so viel sicher sein, daß die erkennbare typologische Reihe nicht ohne weiteres phylogenetisch aufgefaßt werden kann. In der aufsteigenden Tierreihe, wie wir sie im allgemeinen gegenwärtig darstellen, sind die Nemertinen die erste systematische Einheit, die einen After aufweist. Dieser stellt eine Erwerbung dar, durch die der Darmkanal nach Gestalt und Funktion eine wesentliche Abänderung erfahren hat, die sich naturgemäß auch auf die Ausbildung des Vorderdarmes auswirken mußte. Auch Entwicklung und Gestaltung des Rüsselsystems mit seiner terminalen Öffnung konnte nicht ohne Einfluß auf die Struktur des vorderen Darmabschnittes bleiben. Es bestehen Gründe zu der Annahme, daß der Vorderdarm der Hoplonemertinen weitgehend eine Neubildung gegenüber den hypothetischen Vorfahren ist, denn bei Palaeo- und Heteronemertinen liegt der Mund hinter dem Gehirn und ist unabhängig vom Rhynchocoelom bzw. Rhynchodaeum, während bei den Hoplonemertinen der Eingang zum Darmkanal vor dem Gehirn liegt und in den meisten Fällen in enger Verbindung mit dem Rhynchodaeum steht. Ganz offenbar ist alo der Bereich des Vorderdarmes ein Bezirk, in dem die evolutionalen Vorgänge besonders lebhaft gewesen sind und zu der gefundenen Vielgestaltigkeit führten. Dies kann einstweilen lediglich spekulativ entwicklungsgeschichtlich erörtert werden; die Frage, in welchem Umfange funktionelle Beziehungen bei der Ausgestaltung des Vorderdarmes mitspielten und ob unterschiedliche funktionelle Differenzierungen mit den morphologischen verbunden sind, muß noch dahingestellt bleiben.

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr. H. Friedrich, Institut für Meeresforschung, Bremerhaven.

Schriftenverzeichnis

BÜRGER, O. 1895. Nemertinen. Fauna und Flora d. Golfs v. Neapel, 22. Monogr.
— 1904. Nemertini. Das Tierreich, Lieferg. 20.

COE, W. R. 1904. The Nemerteans. Harriman Alaska Exped. 2, Part II, 11, pp. 1 bis 220.
— 1905. Nemerteans of the West- and Northwest Coasts of North America. Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard Colledge Cambridge 47, pp. 1—319, 25 Tafeln.

FRIEDRICH, H. 1935. Neue Hoplonemertinen der Kieler Bucht. Schr. Naturw. Ver. Schleswig-Holstein 21, pp. 10—19.
— 1955. Beiträge zu einer Synopsis der Gattungen der Nemertini monostilifera nebst Bestimmungsschlüssel. Zeitschr. wiss. Zool., Bd. 158, pp. 133—192.

GERING, G. 1913. Ostpreußische Nemertinen. Schr. d. phys. ökonom. Ges. Königsberg, Jahrg. LIV, pp. 292—295.

IWATA, F. 1954. Some Nemerteans from the Coasts of the Kii Peninsula. Publ. Seto Mar. Biol. Labor. Vol. 6, pp. 33—42.

JOUBIN, L. 1890. Recherches sur les Turbellariés des côtes de France (Némertes). Arch. Zool. Expér. 8, pp. 461—602.

PUNNETT, R. C. 1901. On some artic Nemerteans. Proceed. Zool. Soc. London 2, pp. 90—107.

STIASNY-WIJNHOFF, G. 1930. Die Gattung *Oerstedia*. Zool. Mededeelingen Mus. Leiden Teil XIII, pp. 226—240.
— 1942. Nemertinen der Westafrikanischen Küste. Zool. Jahrb. Abt. System. usw. 75, pp. 121—194.

Zeichenerklärung

dMBl = dorsaler Magenblindsack
M = Magen
MtBl = Mitteldarmblindsack
MtT = Mitteldarmtaschen
Oe = Oesophagus
P = Pylorus
Rh = Rhynchocoelom
SF = Seitliche Falten des Magenblindsacks
vMBl = ventraler Magenblindsack

Untersuchungen über den Proteinabbau beim Kabeljau und Rotbarsch

Von Rudolf Dietrich

Mit 8 Tabellen

Durch die Arbeiten von FLORKIN und Mitarbeiter (1951), BRUNO RANKE (1955), ELMA RANKE und FRITZ BRAMSTEDT (1955) ist bekannt, daß im Muskelfleisch der Fische freie Aminosäuren neben den in Peptidbindung vorkommenden vorhanden sind, und daß hierin vielleicht u. a. eine Erklärung für die leichte Verderblichkeit der Fische zu suchen ist, da die Verderbniserreger für ihr Gedeihen zum Teil auf das Vorkommen freier Aminosäuren angewiesen sind (V. MEYER 1955).

Diese Tatsache ist insofern interessant, als sie für die Lagerungsfähigkeit und für die Klärung der Lagerungsbedingungen beim frischen Fisch eine Rolle spielen kann. Daher wurde als Arbeitshypothese der Gedankengang zugrunde gelegt, daß die im Muskeleiweiß frisch angelandeter Fische nachweisbaren freien Aminosäuren als Maßstab für den Frischezustand der Ware angesehen werden könnten. Aus der Art und Stärke des Auftretens bestimmter Aminosäuren müßte es demnach möglich sein, Rückschlüsse auf den Anfangsfrischezustand zu ziehen. Es wurden daher einmal die Abbauerscheinungen des Muskeleiweißes beim Kabeljau- und Rotbarschfilet hinsichtlich der Änderung der chemischen Daten untersucht. Gleichzeitig wurde der Abbau des jeweiligen Muskelextrakteiweißes unter verschiedenen Lagerungsbedingungen und über einen großen Zeitraum hinweg papierchromatographisch verfolgt.

Über die vorläufigen Ergebnisse der letzteren Untersuchungen soll hier kurz berichtet werden.

Zur Untersuchung gelangten eingefrorene Filets von Kabeljau und Rotbarsch. Den einzelnen Filets wurden 20 g Muskelfleisch steril entnommen, in sterile 250-ml-Meßkolben gegeben, mit destilliertem Wasser geschüttelt und aufgefüllt. Die Meßkolben wurden teils bei Zimmertemperatur, teils im Kühlschrank bei + 1° C aufbewahrt. In Abständen von zwei Tagen, später in größeren Zeitabschnitten, wurde aus diesen Kolben jeweils eine Probe entnommen und der Eiweißabbau papierchromatographisch studiert. Gleichzeitig wurden aus den einzelnen Proben die Keimzahlen und die Proteolyten bestimmt.

Die papierchromatographischen Analysen der Extrakte wurden mit Papier von SCHLEICHER & SCHÜLL 2043b eindimensional im aufsteigenden Chromatogramm durchgeführt. Als Lösungsmittel wurde Butanol-Eisessig-Wasser (4 : 5 : 1) und als Sprühreagens nicht Ninhydrin, sondern Natrium-β-naphtochinonsulfat (Reagens

nach FOLIN) in einer Verdünnung von 0,2 % in fünfprozentiger Na_2CO_3-Lösung verwendet (MÜTING, D. 1954). Dieses Verfahren war insofern von Vorteil, als durch die unterschiedliche Anfärbung in Verbindung mit dem jeweiligen R_f-Wert und Kontrollchromatogramm eine ziemlich sichere und eindeutige Bestimmung der einzelnen Aminosäuren im allgemeinen möglich war. Außerdem ersparte es bei der Fülle des Materials die mehr Zeit in Anspruch nehmende zweidimensionale Arbeitsweise.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß die Anfärbung mit Ninhydrin zum Teil empfindlicher ist, und daß die Anwesenheit gewisser Aminosäuren in geringsten Konzentrationen auch dort erkennbar ist, wo das FOLIN-Reagens noch keine Anfärbung ergibt. Für den beabsichtigten Zweck genügte jedoch die Anfärbung mit Natrium-β-naphtochinonsulfat, zumal die vorliegenden Untersuchungen zunächst nur einen allgemeinen Einblick in den Eiweißabbau vermitteln und keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben sollen.

Die in Tabellenform[1]) zusammengefaßten papierchromatographischen Analysenergebnisse sind nachstehend aufgeführt. Serin, Glykokoll und Glutaminsäure sind hier als ein Komplex zusammengefaßt, da infolge der nahe beieinander liegenden R_f-Werte und der sehr ähnlichen Anfärbung eine exakte Definierung dieser Aminosäuren im eindimensionalen Chromatogramm unsicher ist. Die Trennung und Bestimmung wird auf einem anderen Wege durchgeführt und später mitgeteilt werden.

Extrakt J (Tab. 1) zeigt den Eiweißabbau eines frisch angelandeten Kabeljaus bei Zimmertemperatur und Extrakt M (Tab. 2) einen anderen Kabeljau vom gleichen Fang unter den gleichen Aufbewahrungsbedingungen nach einer Gefrierzeit von drei Wochen. Beide Tabellen geben den gleichen Abbauverlauf und werden deshalb aufgeführt, um zu zeigen, daß auch die Ergebnisse der Untersuchungen am eingefrorenen Fisch Rückschlüsse auf den Zustand der Rohware zulassen können.

Die Extrakte I und II (Tab. 3 und 4) stammen von je einem Fisch verschiedener Fänge, S und T (Tab. 5 und 6) von je einem Fisch des gleichen Fanges. Sämtliche Filets waren sechs Monate eingefroren, so daß die Untersuchungsergebnisse untereinander vergleichbar sind.

Für das Ziel der vorliegenden Untersuchungen ist der Abbauverlauf der bei $+1°$ C aufbewahrten Extrakte am interessantesten, da er den Lagerungsbedingungen des frischen Fisches am nächsten kommt.

Vergleicht man die Tabellen 3 bis 6, so lassen sich nach dem zeitlichen Auftreten der nachgewiesenen Aminosäuren offensichtlich drei Gruppen unterscheiden. Erst können all die Aminosäuren in einer Gruppe zusammengefaßt werden, die schon am ersten Tage bei allen vier Filets gleichmäßig auftreten, wie Serin, Glykokoll, Glutaminsäure, und Lysin, das erst

[1]) Die Symbole in den Tabellen bedeuten:
⌓ sehr schwach, ○ schwach, + deutlich, ++ stark, +++ sehr stark, ? nicht sicher nachweisbar, — nicht mehr nachweisbar, Ab Abbau.

Tabelle 1 **Ganzer Kabeljau J** (frisch angelandet)

Abbau des Muskelextraktes bei Zimmertemperatur

nach Tagen	1	3	7	10	14	18	28	36	42	45	51	56	72	79
Lysin	○	+	+	−	++	+++	+++	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
Serin, Glykokoll Glutaminsäure	○	+	+	+	+	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
α-Alanin	○	+	+	++	++	+++	+++	++	+	+	−	−	−	−
β-Alanin											◠	◠	+	○
Methionin	◠	○	○	○	+	++	+++	+++	+++	+++	+++	Ab	Ab	Ab
Isoleuzin					○	+	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Leuzin			○	○	○	+	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Isoamylamin						○	++	++	++	++	++	++	++	++

Tabelle 2 **Ganzer Kabeljau M** (3 Wochen gefroren)

Abbau des Muskelextraktes bei Zimmertemperatur

Tag nach dem Auftauen	1	3	6	8	9	14	20	23	29	34	50	57	78	93	98	101
Lysin	◠	◠	+	+	++	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
Serin, Glykokoll Glutaminsäure	○	○	○	○	○	+	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
α-Alanin	○	○	+	+	+	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	○	−	−
β-Alanin												◠	+	○	○	○
Methionin	◠	◠	○	+	++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+	○	○	○
Isoleuzin							○	+	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Leuzin					○	+	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Isoamylamin								○	○	+	+	+	+	+	+	+

Tabelle 3 **Kabeljaufilet I** (~ 6 Monate gefroren)

Abbau des Muskelextraktes bei einer Lagerung von + 1° C

Tag nach dem Auftauen	1	3	7	9	11	14	16	18	21	23	25	28	30	32	35	37	39	42	45	53	60
Lysin						◠	○	+	+	+	++	+++	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
Serin, Glykokoll Glutaminsäure	◠	◠	○	+	+	+	+	+	+	++	++	++	++	++	++	+++	+	++	++	++	++
α-Alanin	◠	◠	○	+	+	+	+	+	++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	+	○
β-Alanin																		○	○	○	○
Prolin			○	○	○	○	+	○	◠	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Valin									○	+	+	+	○	◠	◠	◠	–	–	–	–	–
Methionin							○	+	+	+	+	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	Ab	Ab	Ab
Tyrosin																◠	◠	○	+	+	+
Isoleuzin									+	+	+	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Leuzin							○	+	+	+	+	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

Tabelle 4 **Kabeljaufilet II** (~ 6 Monate gefroren)

Abbau des Muskelextraktes bei einer Lagerung von $+1°$ C

Tag nach dem Auftauen	1	3	7	9	11	14	16	18	21	23	25	28	30	32	35	37	39	42	45	53	60
Lysin					◠	○	○	+	+	+	++	++	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
Serin, Glykokoll Glutaminsäure	◠	○	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++	++	++	++	+	+	+	?	?
α-Alanin	◠	◠	○	○	+	+	+	+	++	++	++	++	+++	+++	+++	++	++	+	+	+	+
β-Alanin																		○	○	◠	◠
Prolin			○	○	+	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Valin									○	+	+	+	○	○	◠	◠	◠	—	—	—	—
Methionin							○	+	+	+	+	++	+++	+++	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
Tyrosin																◠	○	○	○	○	?
Isoleuzin									+	+	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++
Leuzin							○	+	+	+	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

Tabelle 5 **Kabeljaufilet S** (6 Monate gefroren)

Abbau des Muskelextraktes bei einer Lagerung von + 1° C

Tag nach dem Auftauen	1	3	7	9	11	14	16	18	21	23	25	28	30	32	35	36	39	42	45
Lysin					○	+	++	++	+++	+++	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
Serin, Glykokoll Glutaminsäure	○	+	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
α-Alanin																			
β-Alanin	○	+	+	++	++	++	++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	++	++	++	++
Prolin	◠	++	○	○	○	○	○	○	○	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
γ-Aminobuttersäure												○	++	+++	+++	++	++	++	++
Valin																			
Methionin			◠	◠	○	+	++	+++	+++	+++	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
Tyrosin												◠	○	+	+	+	+	+	+
Isoleuzin				◠	◠	+	++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	+++
Leuzin				◠	◠	+	++	++	++	+++	+++	+++	+++	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
Isoamylamin												◠	◠	◠	◠	◠	◠	○	○

Tabelle 6 **Kabeljaufilet T** (6 Monate gefroren)

Abbau des Muskelextraktes bei einer Lagerung von + 1° C

Tag nach dem Auftauen	1	3	7	9	11	14	16	18	21	23	25	28	30	32	35	36	39	42	45
Lysin					○	+	++	++	+++	+++	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
Serin, Glykokoll Glutaminsäure	⌓	+	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
α-Alanin																			
β-Alanin	⌓	+	+	++	++	++	++	+++	+++	++	++	○	⌓	⌓	○	○	○	○	○
Prolin	⌓	++	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		··	–	–	–	–	–
γ-Amino-buttersäure													⌓	○	+	+	+	+	++
Valin																			
Methionin			⌓	⌓	○	+	++	+++	+++	+++	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
Tyrosin														○	○	○	+	+	+
Isoleuzin					○	+	++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Leuzin					○	+	++	++	++	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	Ab	Ab	Ab
Isoamylamin											·	⌓	⌓	⌓	○	○	+	+	+

am 11. bzw. 14. Tage nachgewiesen werden konnte. Zur zweiten Gruppe gehören Prolin, Methionin, Leuzin, Isoleuzin und Tyrosin, die in allen Versuchsreihen ganz unterschiedlich auftreten, während in der 3. Gruppe einige Aminosäuren entweder nur bei I und II oder nur bei S und T vorkommen. Diese sind α-Alanin, das bei I und II schon am 1. Tage auftritt, dagegen überhaupt nicht bei S und T; ferner β-Alanin, das ebenfalls schon am 1. Tage, aber nur bei S und T nachgewiesen werden konnte, und Valin, dessen Vorkommen nur bei I und II nach 21 Tagen festgestellt wurde. Auch treten Isoamylamin und γ-Aminobuttersäure nur bei S und T am 28. bzw. 30. Tage erstmalig auf (vgl. Tab. 8).

Es ist auffällig, daß schon am 1. Tage — also sofort — bei allen Extrakten der Komplex Serin, Glykokoll, Glutaminsäure und in den Extrakten I und II α-Alanin nachweisbar ist. Auch Elma Ranke und Fritz Bramstedt (1955) fanden bei ihren Arbeiten am frisch angelandeten L e n g fisch bei der ersten Untersuchung im Filet an freien Aminosäuren bei Sommerproben α- und β-Alanin, Glykokoll und Histidin und bei Winterproben nur schwach Histidin und wahrscheinlich auch Lysin. Das sofortige Auftreten freier Aminosäuren läßt sich vielleicht damit erklären, daß in den Muskelextrakten unter den stickstoffhaltigen Extraktivstoffen — außer höheren und niederen Polypeptiden wie Glutathion, Carnosin, Anserin, Glykokollbetain — auch bereits geringe Mengen an freien Aminosäuren enthalten sein können. Andererseits ist es aber noch ungeklärt, ob die im Extrakt gelösten Eiweißkörper überhaupt noch in nativer Form vorliegen. Es ist zu bedenken, daß schon durch geringe Einwirkung, z. B. durch Schütteln, eine Denaturierung des Eiweißmoleküls durch Zerfall in die einzelnen Polypeptidketten eintreten kann, die nun Angriffen irgendwelcher Art leichter zugänglich sind. Die Frage, ob freie Aminosäuren im Muskelextrakt in nativer Form vorliegen oder nicht, dürfte nur durch Untersuchungen am f a n g f r i s c h e n Fisch eindeutig zu klären sein. Beim frisch angelandeten Fisch ist es nicht möglich, da hier schon Veränderungen des Eiweißmoleküls eingetreten sind.

Inwieweit das sofortige Auftreten von α-Alanin vielleicht durch den Abbau des Tripeptids Glutathion und durch Transaminierung der dabei frei werdenden Glutaminsäure bedingt ist, sei dahingestellt. Dagegen ist das Auftreten am 1. Tage von freiem β-Alanin, das sonst nur als Bestandteil einiger Polypeptide im Muskel wie Carnosin, Anserin und in der Pantothensäure vorkommt, bei T und S infolge fortgeschrittenen Abbaues möglich.

Auch das Auftreten von Prolin bei S und T schon am e r s t e n Tage ist vielleicht als Zeichen fortgeschrittenen Abbaues zu werten. Das Prolin besitzt keine primäre Aminogruppe und liegt als I m i n o s ä u r e, über den sekundären Stickstoff gebunden, im Eiweiß vor. Diese Tatsache könnte unter bestimmten Voraussetzungen eine leichtere Abspaltbarkeit des Prolins aus dem Eiweißverband möglich erscheinen lassen. Nach E. Fischer

sind im Eiweißmolekül die Aminosäuren säureamidartig zu langen Ketten verknüpft. Auch alle neueren Forschungsergebnisse sprechen dafür, daß in den Eiweißkörpern die Peptidbindung meistens nur durch die am α-C-Atom befindlichen Amino- und Carboxylgruppen besteht und daß in Seitenketten befindliche Gruppen nicht an der hauptvalenzchemischen Verknüpfung der Aminosäure beteiligt sind. Zudem ist bekannt, daß Prolin im lebenden Organismus eine bemerkenswerte Stellung im Stoffwechsel der Aminosäuren einnimmt, da Beziehungen zwischen Prolin, Ornithin und Glutaminsäure bestehen. Vielleicht ist auch hieraus auf eine leichtere Beweglichkeit des Prolinrestes im Eiweißverband zu schließen. Auffällig ist, daß Prolin im Gegensatz zu allen anderen gefundenen Aminosäuren in der qualitativen Bestimmung nur kurz, und zwar stark, nachweisbar ist, schnell schwächer wird und wieder verschwindet, während gleichzeitig der Komplex Serin, Glykokoll, Glutaminsäure stark zunimmt.

Das zeitlich erheblich frühere Auftreten von β-Alanin, Prolin, Methionin, Isoleuzin und Leuzin bei S und T deutet darauf hin, daß das Eiweiß hier in einem anderen Anfangszustand vorgelegen haben muß als bei I und II, daß also der Anfangsfrischezustand der Fische unterschiedlich gewesen sein muß. Denn abgesehen von der verschiedenartigen Nahrung, dem biologischen Zustand und dem Grad der Erschöpfung der Fische nach dem Fang wird die Beschaffenheit des Fischfleisches schon durch kurzes Liegen an Deck der Fangschiffe, unsachgemäße Behandlung beim Schlachten, schlechte Vereisung sowie durch die bei stürmischem Wetter hervorgerufenen Bewegungen des Schiffes beeinflußt. Auf Grund der in Tab. 8 zusammengefaßten Untersuchungsergebnisse ist wohl der Schluß berechtigt, daß der Anfangsfrischezustand von I und II gleich gut und bei S und T abfallend gewesen ist. Betrachtet man den Abbauverlauf von S und T, so erkennt man, daß der Abbau bei S sogar weiter fortgeschritten ist als bei T. Wieso der abfallende Frischezustand im vorliegenden Fall gerade durch das frühere Auftreten von Prolin, Methionin, Isoleuzin und β-Alanin deutlich wird, ist noch ungeklärt. Von den Globulinen der einzelnen Säugetierarten weiß man wohl, daß sie sich charakteristisch in der Zusammensetzung der Aminosäuren unterscheiden. Die Unterschiede betreffen hierbei in erster Linie die schwefelhaltigen Aminosäuren. Er erscheint daher durchaus möglich, daß auch beim Fischeiweiß ähnliche Verhältnisse vorliegen und daß Methionin, aber auch Isoleuzin und Leuzin als endständige Aminogruppen unter bestimmten Bedingungen aus dem Eiweißmolekül abgespalten und frei werden.

In Tab. 7 ist der Eiweißabbau eines Muskelextraktes vom Rotbarschfilet unter denselben Bedingungen wiedergegeben. Dies ist insofern von Interesse, als es sich hier im Gegensatz zum Kabeljau um einen sogenannten halbfetten Fisch handelt. Für die Untersuchung stand zunächst nur ein sechs Monate eingefrorenes Filet zur Verfügung. Es ergaben sich aber bei diesem einen Versuch schon solche grundsätzlichen Unterschiede gegen-

Tabelle 7

Rotbarschfilet (~ 6 Wochen gefroren)

Abbau des Muskelextraktes bei einer Lagerung von + 1° C

Tag nach dem Auftauen	1	3	7	9	11	14	16	18	21	23	25	28	30	32	35	37	39	42	45	53	60
Lysin	○	○	○	○	+	+	++	++	+++	+++	+++	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
Serin, Glykokoll Glutaminsäure				○	+	++	++	++	+++	+++	+++	++	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Threonin									◠	○	+	+	++	++	++	++	++	+	○	○	—
α-Alanin		○	○	○	+	+	+	++	++	++	+	+	+	?	?	?	?	?	?	?	—
β-Alanin																					
Prolin	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
γ-Amino-buttersäure												○	+	++	+++	+++	+++	++	++	++	++
Methionin					○	○	+	++	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab

Tabelle 8

Zusammenfassende Tabelle über das zeitlich erste Auftreten der verschiedenen Aminosäuren im Muskelextrakt der untersuchten Fische nach Tagen

	Kabeljau-filet I	Kabeljau-filet II	Kabeljau-filet S	Kabeljau-filet T	Rotbarsch-filet
Lysin	14	11	11	11	1
Serin, Glykokoll Glutaminsäure	1	1	1	1	9
Threonin	—	—	—	—	18
α-Alanin	1	1	—	—	3
β-Alanin	—	—	1	1	—
Prolin	7	7	1	1	1
γ-Amino-buttersäure	—	—	28	30	21
Valin	21	21	—	—	—
Methionin	16	16	7	7	11
Tyrosin	37	37	28	32	—
Isoleuzin	21	21	9	11	—
Leuzin	16	16	9	11	—
Isoamylamin	—	—	28	28	—

über dem Abbau beim Kabeljau, daß diese ersten Ergebnisse schon jetzt mitgeteilt werden sollen.

Im Gegensatz zum Kabeljau sind hier Lysin und Prolin schon am 1. Tage nachweisbar, dagegen Serin, Glykokoll, Glutaminsäure erst am 9. Tag. Weiter tritt im fortgeschrittenen Stadium des Eiweißabbaues beim Muskelextrakt des Rotbarsches Threonin auf, das beim Kabeljau nicht gefunden wurde. Auffällig ist, daß Isoleuzin und Leuzin völlig fehlen. Natürlich können aus diesem einen Versuch zunächst noch keine Schlüsse gezogen werden. Abgesehen davon, daß beim Rotbarsch wahrscheinlich eine andere Eiweißmolekülstruktur vorliegt, werden auch die Abbauverhältnisse sicher durch den unterschiedlichen Fett-Wasser-Gehalt in anderer Richtung beeinflußt als beim Magerfisch.

Ob der Eiweißabbau durch Proteasen, also Fermente, die die Peptidbindung unter Freimachung je einer COOH- und NH_2-Gruppe sprengen, eingeleitet wird und dann bakterielle Einwirkungen eintreten, ist zunächst nicht sicher. Man könnte an einen primären Angriff des Kathepsins denken, auf dessen Wirkung bekanntlich die Autolyse, die Selbstverdauung nach dem Tode, beruht. Wie weit in diese verwickelten Vorgänge auch Bakterienproteasen primär oder sekundär hineinspielen, sollen weitere Versuche klären.

Zusammenfassung:

1. Es werden die ersten Ergebnisse einer Studie über den Eiweißabbau des Muskeleiweißes bei Kabeljau und Rotbarsch mitgeteilt. Als Untersuchungsmaterial wurden Extrakte gefrorener Filets von Fischen gleicher und verschiedener Fänge verwendet. Der Abbau wurde papierchromatographisch über einen größeren Zeitraum hinweg verfolgt.

2. Der Nachweis der einzelnen Aminosäuren auf den Chromatogrammen wurde durch Ansprühen mit Natrium-β-naphtochinonsulfat durchgeführt. Die durch dieses Reagens sich ergebende unterschiedliche Anfärbung in Verbindung mit dem entsprechenden R_f-Wert gestattete im allgemeinen eine eindeutige Erkennung der einzelnen Aminosäuren. Für das vorläufige Ziel der Untersuchungen genügte diese Methode, die das erheblich mehr Zeit beanspruchende zweidimensionale Verfahren ersparte.

3. Nach dem zeitlich gleichen bzw. verschiedenen Auftreten der gefundenen Aminosäuren lassen sich drei Gruppen unterscheiden. An Hand dieses unterschiedlichen Erscheinungsbildes wurde versucht, Rückschlüsse auf den Frischezustand der verwendeten Filets zu ziehen.

4. Schließlich wurde im Vergleich zum Kabeljau der Abbau beim Rotbarsch, allerdings nur in einer Versuchsreihe, untersucht und hierbei ein grundsätzlich anderer Abbauverlauf festgestellt.

Anschrift des Verfassers:
Dr.-Ing. R. Dietrich, Bremerhaven, Institut für Meeresforschung

Literaturverzeichnis

ACKERMANN, D., BLIX, G., FELIX, K., GRASSMANN, W., SCHNEIDER, F., TRUPKE, J., 1951: Eiweißstoffe und ihre Abbaustufen. FLASCHENTRÄGER, B., Physiologische Chemie, **I.** Band. Die Stoffe. : 484—796.

CAMIEN, M., DUCHATEAU, G., FLORKIN, M. und SARLET, H., 1951. Free amino acido in lobster and crayfisch muscle. J. Physiol. **114.**

FLORKIN, M., 1955. Vortrag vor dem Ärztl. Verein, Hamburg, gehalten am 22. 2. 1955.

LEHNARTZ, E., 1952. Einführung in die Chemische Physiologie. p. 56—103; 266—328; 416—442; 490—496.

MEYER, V., 1955. Probleme des Verderbens von Fischkonserven in Dosen II. Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven, **4**: 1—16.

MÜTING, D., 1954. Über den Aminosäureaufbau der Eiweißkörper Gesunder und Kranker. Zeitschr. Ges. Innere Medizin. **9**: 638—641.

RANKE, BR., 1955. Über papierchromatographische Untersuchungen des freien und eiweißgebundenen Aminosäurebestandes bei Krebsen und Fischen. Archiv f. Fischereiwissenschaft, **6**: 109—113.

RANKE, E. und BRAMSTEDT. FR., 1955. Der Einfluß der Lagerdauer des Fischfleisches auf den Gehalt an freien Aminosäuren. Archiv f. Fischereiwissenschaft, **6**, : 193—198.

Mykologische Abwasserstudie I

Von Willy Höhnk[1])

Auch im Wasser ist die Aufarbeitung der organischen Substanz vorzüglich die Leistung der heterotrophen Organismen, und die submers lebenden Pilze haben daran Anteil.

Als „Wasserpilze" galten bis vor kurzem die meisten Arten der Phycomycetes. Von den höheren Pilzen waren in diesem Lebensraume nur wenige bekannt oder die Kenntnis über aquatisch lebende Formen der *Ascomycetes* und *Fungi imp.* ist noch gering und auf wenige Arten oder Vorkommen beschränkt. Die pilzliche Besiedlung eines gegebenen Unterwasserstandortes als systematisches Mosaikbild muß noch erarbeitet werden. Einen Beitrag für diese Aufgabe liefert vorliegende Arbeit.

Es wird hier der Frage nachgegangen, ob eine mykologische Analyse der Pilzgesellschaft an zweckmäßig gewählten Standorten für die Beurteilung des Saprobienzustandes mehr auszusagen vermag, als die geringe Zahl der in den Saprobiensystemen (bei METZ, KOLKWITZ und LIEBMANN) aufgeführten Pilze vermuten läßt.

Diese Studie sollte eine Paralleluntersuchung zu unseren mykologischen Studien im salzigen Wasser werden. Dort hatten wir gefunden, daß für die untersuchten Arten verschieden gelagerte optimale Salzgehaltsspannen bestehen und daß sich darum mit zunehmendem Salzgehalt die Pilzbesiedlung ändert. Die wachsende Änderung in den äußeren Faktoren zeigt sich darum nicht nur in der Artenliste, sondern auch in der Morphologie der Individuen.

Bei steigendem Salzgehalt nahmen von den behandelten, submers lebenden Pilzen zunächst die Saprolegnien an Arten und Individuen ab und überwanden das oligohaline Brackwasser nur noch ausnahmsweise. Die im unbeeinflußten Süßwasser häufiger sexuellen Myzelien unterdrücken im Brackwasser die sexuelle Phase, danach schrittweise auch die Sporulation und schließlich werden die Sporangien zu atypischen Kümmerformen. Diese gleitenden Reihen sind für mehrere Arten festgestellt worden und dürften für viele Angehörige dieser Familie Gültigheit haben.

Die Pythiaceen, die zweite artenreiche Familie der Oomyceten, erweisen sich generell als resistenter. Einige Vertreter besiedeln sogar das marine Habitat. Auf dem Wege dorthin unterdrücken einzelne der im Süßwasser sexuellen Formen meerwärts die sexuelle Phase und das Ausschwärmen der Zoosporen.

Die *Chytridiales* und Angehörige der großen Klasse der *Fungi imp.* sind noch anpassungsfähiger. Das zeigt die größere Zahl der im hochbrackigen bzw. marinen Wasser gefangenen Arten. Nach unseren bisherigen Protokollen erreichen wenigstens an mehreren der untersuchten Stellen die *Fungi imp.* sogar die Dominanz.

---

[1]) Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für eine Sachbeihilfe.

Diese kurz referierten Ergebnisse wurden im Raum meerwärts ab Bremerhaven erarbeitet. Die Verlängerung des Profils weseraufwärts erschien wünschenswert. Die mit den gleichen Methoden vorgenommenen Untersuchungen brachten aber nicht so klare Ergebnisse, wie wir sie von Süßwasserbecken und Seen schon erhalten hatten. Dafür sind besondere Ursachen wirksam, unter denen die Industriewässer und die städtischen großen Abwassermengen besonders genannt werden müssen. Von diesen Faktorengruppen wurde zunächst den Auswirkungen der Abwässer nachgegangen. Die Frage am Beginn dieser Arbeiten lautete grob: Haben die Abwässer eine ähnliche selektive Wirkung wie das Faktorenbündel der Salzzunahme meerwärts und lassen die Pilzbesiedlungen an zweckmäßig gewählten Standorten in einem Abwassersystem gleitende Veränderungen erkennen, die für die Beurteilung des Saprobienzustandes verwertbar sind? Im bejahenden Falle würde die biologische Wasseranalyse um eine Kriterienkette erweitert werden. Daß die Pilze als Destruenten der organischen Substanzen diese zu liefern imstande sind, erschien wahrscheinlich.

Für diese Fragestellung war die Weser kein geeigneter Raum. Wir benötigten für die Untersuchung einen Wasserlauf, der vom relativ reinen Wasser ins stark verunreinigte führte. Den fanden wir im Dobrock (s. S. 74). Eine Paralleluntersuchung fand im Be- und Entwässerungssystem bei Ellwürden in Butjadingen statt (s. S. 95).

Zur Methodik

Etwa 13—18 ccm vom Boden des Bach- oder Grabenbettes oder in Ausnahmefällen auch im Wasser hängende Zweigenden oder Grasteile oder Zweigstücke vom Grunde wurden in die sterilen Gläser geschöpft, gepflückt oder gebrochen. Bei den tieferen Stellen des Wasserlaufes gebrauchten wir eine langgestielte Schöpfkelle.

Im Institut wanderten die Proben in 10 cm ∅ Petrischalen, wurden darin mit dem membrangefilterten Wasser vom Standort überdeckt und mit Hanfsamen, geschältem Reis, Ameisenpuppen, Pinuspollen und Haaren beködert. Allgemein nach 5—6tägiger Ruhezeit, also am 6. oder 7. Tag, legten wir die befallenen oder überwachsenen Köder in andere, gleichgroße Petrischalen und bedeckten sie wiederum mit wiederholt membrangefiltertem Standortwasser. — Alle Schalen standen auf den Tischen des Labors im Schatten; Thermostaten mit der Temperatur der natürlichen Standorte standen nicht zur Verfügung. Die Auswirkung dieses Umstandes ist uns nicht bekannt. Da am gleichen Tage alle Standorte des jeweiligen Wasserlaufes begangen und alle eingebrachten Proben gleichzeitig nebeneinander behandelt wurden, erscheint der Vergleich der Ausbeuten dennoch berechtigt. Der Hinweis auf diesen Umstand muß bei späteren Untersuchungen oder Rekapitulationen beachtet werden.

Die erste Durchsicht des Köderbewuchses fand selten sofort, gewöhnlich am nächsten oder dem folgenden Tage statt. Wenn es möglich war, erfolgte

die Artdiagnose daran anschließend, sonst bei einer späteren Durchsicht, wenn die diagnostischen Stadien vorlagen. Die Protokolle enthalten neben dem Bewuchs der Köder auch die ihnen mehr oder weniger anhaftenden oder aufliegenden *Fungi imp.* und bekannten Organismen des schmutzigen Wassers. Gelegentlich konnten die Eintragungen auch durch Beobachtungen an der Oberfläche der submersen Bodenprobe oder an den im Wasser treibenden Myzelflocken ergänzt werden.

Während die Artdiagnosen der *Phycomycetes* im Laufe kurzer Zeit durchgeführt werden konnten, war das bei den höheren Pilzen meistens nicht möglich. Es gelang meistens auch nicht, wenn die Wasserschalen mehrere Wochen lang erhalten blieben. Zu diesem Zwecke mußten die erhaltenen fruchtkörperlosen Myzelien an oder auf geeigneten Substraten kultiviert werden. Diese Aufgabe hätte aber den Rahmen der vorliegenden Arbeit zeitlich erheblich überschritten. Darum sind solche Formen als sterile Myzelien in den Artenlisten aufgeführt. Nicht selten sind in einer Schale zwei oder mehrere sterile Myzelien gefunden worden. Die Unterscheidung geschah nach den Eigenarten der vegetativen Hyphen und ihrer Verzweigung, ihrer Breite, ihrer Septen und hilfsweise auch der Zeichnung ihres Plasmas. Das war in der gleichen Schale, in der die Formen nebeneinander lagen, in dem verzeichneten Maße durchführbar.

Um eine vollständigere Fundliste zu versuchen, wurden die Probeschalen auch zwei- bis dreimal mit zeitlichem Abstand beködert. Das gelang auch in einigen Fällen; die neuen Befunde waren bis auf wenige andere Phycomyceten. Bei einer Serie von 26 Probenschalen wurden nach dreifacher Beköderung insgesamt fünf weitere *Fungi imp.* gefunden, zwei andere mußten dagegen als wahrscheinlich gleiche Arten gelöscht werden. Die Erweiterung der Ausbeute blieb, insgesamt gesehen, recht niedrig.

Die fünf unterschiedenen Organismengruppen sind: Die *Saprolegniaceae, Pythiaceae, Chytridiales et al., Fungi imp.* und die *Organismen* des *Illuvies* (des Schmutzes).[1])

Die eingefangenen Myzelien der Saprolegnien und Pythien sind in unseren Aufzeichnungen in sexuelle Formen und asexuelle Formen und Myzelien geteilt. Die Arten mit parthenogenetisch entwickelten Eiern, wie *Saprolegnia ferax, Sapr. mixta, Sapr. monilifera, Pythium artotrogus* u. a.,

[1]) Mit diesem letzten Namen bezeichnen wir *Sphaerotilus natans* mit seiner Wuchsform *Cladothrix dichotoma, Chlamydotrix epiphytica, Zoogloea ramigera, Beggiatoaarten, Spirillum volutans, Leptomitus lacteus, Thiotrixarten* u. a. Einige von ihnen sind nicht auf das Poly- oder Meso-α-Saprobium begrenzt. Wir fanden sie, besonders sommers, auch in den schmutzigen Nischen und Nestern an den Uferlinien klarer und relativ reiner, fließender, natürlicher Bäche. Mit Saprobium ist der allgemeine Charakter des ganzen Abschnittes eines Wasserlaufes mit seiner Belastung aus Abwässern bezeichnet und der Ausdruck polysaprobe Organismen würde entweder auf das Polysaprobium beschränkt oder mit Abwasserbelastung gekoppelt sein. Der Ausdruck würde nicht das aussagen, was wir beabsichtigen; darum wählten wir die Bezeichnung Organismen des *Illuvies*.

sind, wenn sie Oogone mit Parthenosporen bildeten, zu den sexuellen Formen gezählt worden. Die Aufteilung geschah, um durch den Anteil der asexuellen bzw. sterilen Myzelien einen Hinweis auf die Eignung des Standortes für die Art zu erhalten. Wir gingen dabei von der einleitend erwähnten Annahme aus, daß eine Art am optimalen Standort den genotypischen Lebenszyklus ungestört durchläuft, daß sie aber mit Verkürzung des Zyklus (Ausfall der Sexphase und Unterdrückung der Sporulation) auf ungünstig wirkende Faktoren fremder Standorte reagiert.[1])

Unter *Chytridiales et al.* sind neben den *Chytridiales* Arten von *Synchytrium, Ectrogella* und einigen anderen holocarpischen Gattungen aufgeführt. Diese nicht zur gleichen Ordnung gehörenden Pilze sind in geringer Zahl aufgetreten. Sie gehören mit zur pilzlichen Besiedlung des untersuchten Standortes; als eigene Gruppen der *Ectrogellaceae* und *Synchytriaceae* wären sie in den Blockdiagrammen nicht in Erscheinung getreten, hätten aber die Übersichtlichkeit gestört. — Fast alle diese Kleinpilze wuchsen an den Pinuspollen. Darum sind es immer wieder die gleichen Formen, die gefangen wurden. Andere für den Fang und die Beobachtung gleich geeignete Köder waren uns nicht bekannt. Eine Reihe von Pilzen konnte bis zur Art diagnostiziert werden, andere nur bis zur Gattung. Die letzteren waren oft solchen Formen ähnlich, die als Parasiten an Algen etc. beschrieben worden sind. In solchen Fällen sind unsere Befunde z. B. als *„Phlyctochytrium spec. aff. hallii"* bezeichnet, weil die Identität nicht gesichert erschien.[2])

Über die Bezeichnung der sterilen Myzelien der *Fungi imp.* ist oben gesprochen worden. Außerdem traten einzelne Formen auf, die nur kleine Chlamydosporen oder Konidien bildeten, für die uns die Bestimmungsliteratur fehlte. Sie durften nicht ausgelassen werden und sind z. B. als „Myzel mit braunen Kugelkonidien" aufgeführt worden. Die Imperfekten der Oberfläche, deren Fruchtformen sich als luftangepaßt zeigten, blieben unberücksichtigt, weil die submersen Formen erfaßt werden sollten.

Die Organismen des Illuvies sind im wesentlichen allenthalben dieselben: *Cladothrix dichotoma, Sphaerotilus natans, Zoogloea ramigera.* Hinzu kommen noch einige Formen, die auf besondere Milieueigenschaften hinweisen: *Beggiatoa*-Arten, *Leptomitus lacteus* u. a. Obwohl *Cladothrix dichotoma* und *Sphaerotilus natans* als verschiedene Wuchsformen derselben Art auf-

[1]) Die Bestimmung der Angehörigen der Saprolegniaceae geschah nach Coker, W. C. 1923, Höhnk, W. 1952 und Johannes, H. 1953, die der Pythiaceae nach Matthew, V. D. 1931 und Middleton, J. T. 1943

[2]) Die Pilze dieser Gruppe enthalten unter den gefundenen Phycomyceten die meisten unbekannten. Bei der systematischen Aufarbeitung dürften einige Formen sich den Canterschen Diagnosen einfügen oder ihnen nahe kommen. Der Vergleich konnte noch nicht durchgeführt werden, darum ist von dieser Autorin im Literaturverzeichnis nur der zusammenfassende Bericht von 1953 aufgenommen worden. Er enthält die Hinweise auf ihre zahlreichen Beiträge zur Systematik.

zufassen sind, haben wir sie beide beibehalten. Die letztgenannte Form ist indikatorisch für die schmutzigsten Teile, als *Cladothrix* besiedelt die Art auch die reineren Habitate. — Die Eisenorganismen haben wir nicht aufgenommen. Ihnen wurde erst im Laufe der Untersuchung die Aufmerksamkeit zuteil. Sie hätten die Spektren auch zu sehr von den Bakterien abhängig gemacht, es sollte eine mykologische Untersuchung bleiben.

Die statistische Auswertung der systematischen Analysen geschah in der folgenden Weise: Für jede Schale (die regelmäßig nur eine Bodenprobe enthielt) wurden die enthaltenen Arten bestimmt. Da von jedem der Standorte (im Dobrock: Quellbach, Teiche, Waldstufe und Molkereigraben, beim Be- und Entwässerungssystem von Ellwürden sind es die verschiedenen Stationen) mehrere bis viele Proben gezogen worden waren, wurden die Vorkommen jeder Art in allen Proben vom gleichen Standort zusammengezählt. So bedeutet z. B. in der Artenliste der Dobrockbegehung vom 13. 11. 1954, daß die Art *Pythiopsis cymosa* in 7 von 12 Proben aus dem Quellbach, in einer von 6 Proben aus den Teichen, in einer von 5 Proben von der Waldstufe und in keiner der 7 Proben aus dem Molkereigraben gefunden wurde. *Saprolegnia ferax* war in der gleichen Aufsammlung in 5 von den 12 Proben aus dem Quellbach, in einer aus den 6 Teichproben, in 2 der 5 Proben von der Waldstufe und in einer der 7 Molkereigrabenproben festgestellt.

Durch Addition der Kolonnen erhielten wir dann die Befundzahlen für die sexuellen und asexuellen *Saprolegniaceae,* die sexuellen und asexuellen *Pythiaceae,* die *Chytridiales et al.,* die *Fungi imp.* und die Organismen des Illuvies. Für diese Befundzahlen der Gruppen wurden dann die Prozentanteile von der Summe aller beobachteten Formen an dem gegebenen Standort errechnet. Sie sind in der Tabelle, die jeweils zwischen Artenliste und Säulendiagramm in der Behandlung der einzelnen Begehungen steht, aufgeführt.

Nach diesen Anteilen konnten dann die Säulendiagramme, die wir auch Spektren nennen, gezeichnet werden. Jede Säule veranschaulicht die Zusammensetzung der Pilzbesiedlung an dem Tag der Probenentnahme (Begehung) für den angegebenen Standort. Sie wurden eigentlich gezeichnet, um die Änderungen in der Pilzflora in einem Wasserlauf auffällig sichtbar zu machen, die bei zunehmender Verschmutzung eintritt. Darum sind alle vier bzw. drei Standortspektren einer Begehung nebeneinander als Serie dargestellt (Abb. 1—7).

Die hier gewählte Art der Auszählung und Errechnung entsprach von mehreren erprobten unserm Zweck bislang am besten. In der Einzelschale ist die relative Häufigkeit einer Form fast bedeutungslos; *Cladothrix dichotoma* in wenigen Gliedern zählt ebenso wie ein dichter Filz davon, und ein einzelnes *Pythium*-Individuum inmitten eines üppigen Bestandes einer *Saprolegnia*-Art ist für die Artenauswertung derselben

Schale die gleiche Zähleinheit wie die letztere. Eine besondere Besiedlungsdichte oder Dominanz am Standort wird ihren Ausdruck bei der Auszählung finden, wenn diese Art in mehreren oder allen Proben (= Schalen) enthalten ist, die vom gleichen Standort (Bachabschnitt) genommen sind.

Der Einwand, daß die Ausbeute leicht ein subjektives Bild gibt, dürfte nur für den Anfang solcher Arbeiten gewisse, begrenzte Gültigkeit haben. Gewiß findet man vorzüglich oder leichter die Arten, die man kennt, aber in den hier begangenen Wasserläufen ist ihre Zahl nicht so groß, als daß sie nicht in relativ kurzer Zeit gekannt werden könnten.

Zu begegnen wäre noch einem andern Bedenken, und zwar dem, daß sich durch die Köderauswahl nur bestimmte Formenkreise der systematischen Kaliber nachweisen lassen. Dazu ist zu sagen, daß Ameisenpuppen, Hanfsamen und Reis sich seit langer Zeit bei den Arbeiten mit Oomyceten (*Saprolegniaceae* und *Pythiaceae)* bewährt haben, ebenso die Pinuspollen für die *Chytridiales.* Ja, die überraschenden Nachweise dieser Organismen in den verschiedenen Habitaten der verschiedensten Plätze, von Afrika bis nach Island, von Amerika bis nach Asien durch die Göttinger Bearbeitungen, gelangen erst durch die Verwendung der Pinuspollen. — Die *Fungi imp.* besiedelten von den verwandten Ködern am häufigsten die Hanfsamen; sie traten aber auch an den andern auf. Geeignet sind auch Strohschnitzel; diese sind darum unberücksichtigt geblieben, weil sie zunächst nicht verwandt wurden. — Für die Organismen des Illuvies bedurfte es keiner besonderen Köder mehr, die aufgeführten wurden in den Schalen, dem Boden, den Ködern auf- bzw. anliegend, leicht gefunden. — Es ist wohl so, daß die Artenausbeute durch die Köderauswahl eine Einengung erfährt. Die erzielten Ergebnisse bleiben aber dennoch bestehen, und es bleibt der späteren Überlegung vorbehalten, ob andere Köder zu bevorzugen oder hinzuzufügen sind. Der Akzent in der Darstellung der Ergebnisse liegt für uns bei den Änderungen im Gefüge der Spektren in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad des Standortes und in zweiter Linie erst auf der Artenliste.

Fast alle Proben waren Bodenproben, meistens dem unteren Bachbett und sonst auch den Uferhängen bis an die Wasserlinie entnommen. Gern nahmen wir ein Halbprofil, d. h. zunächst Proben aus der Tiefe und dann am Uferhang aufwärts. Das geschah in Rücksicht auf eine Schichtung in der Besiedlung. Sie besteht, wenn sie auch bei verschiedenen Gewässern und während der verschiedenen Jahreszeiten ungleich ausgeprägt ist. Das würde noch mehr in Erscheinung treten, wenn auch oberhalb der Wasserlinie Proben gezogen worden wären. In diesem Gürtel finden sich gewöhnlich andere, feuchtbodenbewohnende *Saprolegnieen,* einzelne andere *Pythien,* luftangepaßte *Mucorineen* und *Fungi imp.*

Die Bodenproben wurden genommen in der Annahme, daß der Boden des Bachbettes seine eigene Pilzflora trägt. Die andauernde Einwirkung qualitativ ähnlicher Salzgrade oder Abwässerverunreinigungen bringt eine

Besiedlung hervor, die auf die chemischen und physikalischen Standortbedingungen eingespielt, somit auch für den Verunreinigungsgrad indikatorisch ist. Für die hier behandelten heterotrophen Pilzsaprophyten liegen die Verhältnisse ähnlich, wie sie bei den autotrophen, festsitzenden Algen bestehen. Die Zusammensetzung der Standortbesiedlung mit ihren Leitformen gibt deutliche und bezeichnende Hinweise für die Beurteilung eines Gewässers oder eines Abschnittes, für die Reinigungsleistung eines fließenden Wasserlaufes und bei der Planung wasserbaulicher Maßnahmen.

Der Boden liegt nicht ganz fest; er bewegt sich in Abhängigkeit vom Gefälle fort, aber viel langsamer als das strömende Wasser. Auch das bewegte oder fließende Wasser trägt pilzbewohnte Substrate, die früher oder später einmal als Ganzes oder zerstückelt auf den Boden sinken werden. An seiner Aufbereitung ist eine Sukzession von aquatischen Pilzen beteiligt. Ein Zweig wird z. B. zunächst Arten der *Saprolegniaceae* und *Pythiaceae*, später submerse *Ascomycetes* und *Fungi imp.* tragen. Ob es sich an den verschiedenen Substraten immer um eine Sukzession oder im gegebenen Fall auch um eine schrittweise Abnahme einer anfänglich systematisch mannigfaltigen Pilzflora handelt, ist von Fall zu Fall festzustellen.

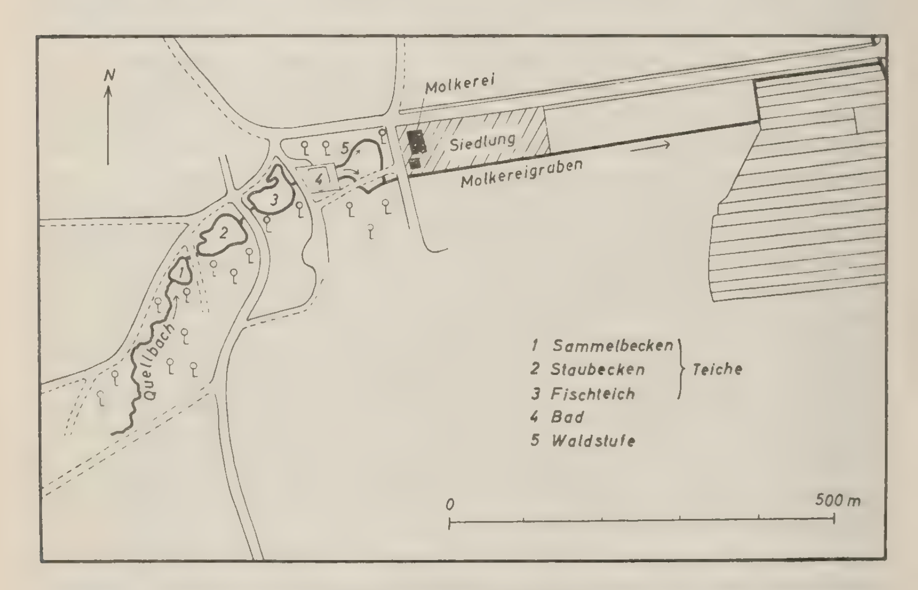
Treiben solche Substrate an unserem Standort vorbei, hinterlassen sie hier wie auch anderswo vegetativ oder sexuell entstandene Sporen. Ein Teil von ihnen sinkt auf den Boden ab. Sind sie von Arten oder Rassen, die einem ökologisch andersgearteten Milieu angepaßt sind, bleiben sie hier Fremdlinge, und nach dem Grade der Fremdheit entstehen an diesem Ort aus den Sporen verkürzte Keimbahnen oder Kümmermyzelien. Ihre Zahl dürfte aber die Analyse der standorteigenen Flora wenig beeinflussen; denn die empfindlichen Organismen kommen im ungünstigen Abwasserraum nicht zur Entwicklung. Mit verschlagenen Arten ist aber auch in den Bodenproben zu rechnen, weil Strömung und Drift und auch zufällige Verschleppung wirksam sind oder eintreten können. Die atypischen Formen zu erkennen, helfen uns die niedrigen Fundzahlen, die spärliche Myzelbildung und der abgestufte Kümmerwuchs.

Es schien die Annahme berechtigt zu sein, daß die Befunde während der verschiedenen Jahreszeiten unterschiedlich sein würden, sowohl hinsichtlich der Arten als auch hinsichtlich der Prozentanteile der Gruppen in den Spektren. Um diesen Fragen nachzugehen, wurden vier bzw. drei Begehungen der beiden Wasserläufe unternommen, im Dobrock im November 1954, Juni, August und Oktober 1955 und bei Ellwürden im April, Juli und September 1955. Das Ergebnis wäre in einem besonderen Fall vorauszusehen, nämlich dann, wenn die Wirkung der Milieufaktoren die der klimatischen entscheidend überwiegt. Das wäre in einem stark verschmutzten oder stark salzigen Wasser. Ob das in Abschnitten der von uns untersuchten Gewässer der Fall ist, mußte sich zeigen.

A. Der Wasserlauf im Dobrock

Etwa 30 km südöstlich Cuxhavens, nahe westlich der Autostraße Stade—Hamburg, erhebt sich aus der Niederung das bewaldete Hügelland der Wingst, auch Dobrock genannt. Es ist der nördliche Ausläufer des Geestrückens, der die Hamme-Oste-Niederung von Bremen-Nord bis hierher westlich begrenzt.

Von den beiden tiefen Ost-West-Senken dieses Geestrückens trennt die nördliche die Endmoränenlandschaft der Wingst ab, so daß sie inselartig aus der Flachmoor- und Marschlandschaft aufragt. Ihre Achsen messen etwa 6×3,5 km, und ihre bedeutendste Erhebung liegt 74 m hoch. Es sind gebleichte Podsolbögen, an deren Hang, stellenweise zu vielen nebeneinander, kleine Quellen austreten. Sie zeigen, daß die Tiefenlage des Grundwassers wechselt.



Karte 1: Der Dobrockbach

Ein Teil der Oberfläche wird beackert, der größere trägt Waldland. Am westlichen Hang dominieren wohl die Nadelbäume, am östlichen unteren Teil Laubbaumbestände. In der begangenen, nach Osten abfallenden Mulde sind es vornehmlich Eichen und Buchen. Kleine Flächen mit Heideentwicklung liegen nördlich davon.

Ein kleiner Wasserlauf, der etwa 400 m im OSO der höchsten Erhebung bei etwa 22 m Höhe entspringt, schien für unsere Arbeit geeignet. Er führt in seinem oberen Teile Klarwasser.

Fast ein Dutzend kleiner Quellen, von denen einige zeitweise auch versiegen können, speisen das Bächlein. Es ist nur etwa 40—60 cm breit und in trockenen Wochen nur wenige Zentimeter tief. Sein Bett ist weißer oder weißgelblicher Sand.

Nach etwa 250 m mündet er in ein kleines Sammelbecken. Es liegt auf der oberen der fünf Geländestufen, von denen die drei folgenden wieder Becken tragen. Zur Unterscheidung von dem eben genannten Sammelbecken nannten wir sie Staubecken, Fischteich und Bad. Nur das letztere ist auszementiert; alle anderen haben Sandböden, die von abgefallenen Blättern und Zweigen und ihren Zersetzungsprodukten bedeckt sind. Die Beobachtungen zeigten uns, daß das kleine Sammelbecken und ein Teil des Staubeckens in diesem Jahre ausgeräumt wurden. Mit einer solchen Maßnahme ändern sich die Substrat- und Nahrungsverhältnisse für die Pilze, und die Auswirkung ist bei der Betrachtung der Ausbeute zu bedenken.

Der Überfall des Wassers stürzt jeweils etwa 50—90 cm tief durch einen Schacht in das nächst tiefere Becken. Vom Bach aber führen zwei Rohrleitungen auf die unterste Geländestufe. Diese ist nur schwach geneigt und trägt jungen Baumbestand. Darum nennen wir sie in unserer Betrachtung Waldstufe. Jede der beiden Rohrleitungen nährt einen kleinen Bach. Bei ihrer Wiedervereinigung tritt noch ein dritter, der von Süden kommt, hinzu. Ihr Wasser unterquert den Feldweg und fällt dann in einen Graben, der hinter dem Molkereigelände und den anschließenden Gärten vorbeizieht und hier Molkereigraben genannt werden soll. Er nimmt auf diesem Wege den Abfluß einer kleinen Viehstallung und die Abwässer der Molkerei und der Haushaltungen auf. Für die folgenden 100 m besteht noch ein leichtes Gefälle, so daß das Wasser dahin eilt, wenn nicht starke Regenfälle einen erhöhten Wasserstand im Flachland bewirkt haben; dann aber verebbt die Strömung schnell, weil der Zufluß in das weitverzweigte System der sich verbreiternden Abzugsgräben des Moores und der Ostemarsch einmündet.

Der von uns viermal im Jahre begangene und untersuchte Teil reicht von den Quellen bis etwa 200 m unterhalb der Einmündung der Molkereiabwässer, er hat eine Gesamtlänge von ca. 750 m.

Die physiologischen Bedingungen wechseln in diesem Wasserlauf zum Teil stark. Sie führen vom klaren Quellwasser bis in ein Polysaprobium. Wegen dieser Extreme auf engem Raum wurde dieser Bach für die Untersuchung ausgewählt. Aus den Quellen kommt kühles, nahrungsarmes Wasser. In Quellennähe war seine Temperatur auch zur heißen Sommerzeit 1955, in der die Lufttemperatur um 30° C spielte, nicht mehr als etwa 10° C. Am gleichen Tage (30. 8. 1955) gemessen, zeigte das Thermometer im Sammelbecken 13° C, im Staubecken 15,6° C und im Fischteich 18,1° C. Im schmutzigen Molkereigraben betrug sie 16,5° C. Der Vergleich mit den Temperaturen für den 14. 10. 1955 (Tabelle 1), als die höchsten täglichen Lufttemperaturen in der Zeit vom 1.—14. 10. im Schnitt bei

11,8° C (11,6—17,5° C) lagen, zeigt, daß die Quellnähe über lange Zeit gleichmäßig kühl ist und nur im Bereich unter 10° C an den jahreszeitlichen Schwankungen teilnimmt.

Das sauerstoffarme Quellwasser spült und springt sogleich über zahlreiche Zweige und ein kleines Brettstau und erfährt damit schnell eine Anreicherung von Sauerstoff.

Die folgende Tabelle 1 zeigt noch einige weitere Daten, die auf drei Standorte oder Schöpfstellen reduziert sind.

Schöpfstelle	pH	Temp. °C 30. 8. 1955	Temp. °C 14. 10. 1955	Gelbstoff-Trübung E/25 cm	MnO_4 - Verbrauch mg/l	PO_4 - in γ . l	Cl mg/l
Quellennahe	6,8	9,5	9,0	22	8	49	32
Staubecken	7,0	13,0	9,9	135	12	21	32
Schmutzbach	7,0	16,5	12,3	—	81	2044	50

Tabelle 1: Hydrographische Daten für das Wasser des Dobrockbaches.[1])

Die Werte in den vier rechten Spalten liegen für die beiden oberen Standorte ähnlich niedrig. Eine leichte Ausnahme ist nur in den 135 E/25 cm der Gelbstofftrübung im Staubecken gegeben. Auch der Wert ist noch als mäßig zu bezeichnen. Er wird durch die Zersetzung von Laub und kleinen Zweigen verursacht, die hineingefallen und lange Zeit liegen geblieben sind.

Ganz anders sind die Befunde im Graben unterhalb der Einmündung der Molkereiabwässer. Der hohe Wert für den MnO_4-Verbrauch und die außerordentlich hohe Menge des PO_4-P zeigen eine starke Belastung des Wassers dort an. Sie wird noch unterstrichen durch die Bemerkung, daß die Gelbstofftrübung wegen zu starker Störung durch Kolloide nicht bestimmt wurde. — Das gleichzeitig geringe Cl weist darauf hin, daß die Verunreinigung vorzüglich von den Molkereiabwässern kommt.

Diese Angaben sind noch durch die über die Nahrungsverhältnisse für die zu behandelnden heterotrophen Organismen zu ergänzen. Nahrungsarm sprudeln oder sickern die Wässerchen aus dem Erdreich. Der weiße Sand des oberen Bachbettes gibt ihnen wenige Substrate, wohl aber die humose Uferkante und die am Ort allmählich zerfallenden Zweigstücke und Blätter, die meistens in den seitlichen Nischen liegen. Auch sind die kleinen Rillen oder Dellen nahe dem Uferrande mit feinem, dunklem Bröckelmoder gemischt oder bedeckt.

Ein Halbprofil von der Bachmitte bis aufs Ufer zeigt aber sehr unterschiedliche Nahrungsverhältnisse. Diese Beobachtung veranlaßte uns, die Bodenproben nur aus den submersen Teilen, die vom strömenden Wasser bestrichen wurden, zu nehmen und nicht aus den Nischen an der Uferlinie,

[1]) Die Werte dieser Tabelle und auch die der Tabelle 6 p. 98 und p. 99 stellte Herr Dr. Lüneburg, Hydrograph an unserem Institut, dankenswerterweise zur Verfügung.

die stark verlangsamt fließendes oder gar stagnierendes Wasser hatten. Das geschah, um die physiologischen Unterschiede der Abschnitte im ganzen Wasserlauf durch ihre unterschiedliche Pilzbesiedlung aufzuzeigen und insgesamt eine charakteristische Artenliste zu gewinnen. Diese Überlegung galt natürlich für alle anderen Standorte auch und wurde auch befolgt.

Ähnlich wie im Bach oberhalb des Sammelbeckens liegen die Nahrungsverhältnisse im Abschnitt auf der unteren Geländestufe, der Waldstufe; nur die Strömung ist hier merklich langsamer. Wenn man von groben äußeren Faktoren auf die pilzliche Ausbeute schließen kann, dürften die beiden genanten Abschnitte die ähnlichsten Ergebnisse bringen.

Das relativ kleine Sammelbecken der obersten Stufe hat etwa 50 cm Tiefe. Es ist von Bäumen umstanden, und darum fällt viel pflanzliches Substrat hinein. Wie schon oben gesagt, wurde das Becken ausgeräumt. Die Ergebnisse sind aber vom jeweiligen Zustande abhängig.

Die Oberfläche des anschließenden Staubeckens ist mehrfach so groß wie die des Sammelbeckens, und die des Fischteiches ist noch ausgedehnter. Ihre Tiefen sind mir nicht bekannt, dürften aber wohl beide um 1 m liegen. Auch sie sind ganz bzw. zum Teil von Bäumen umstanden. Das abfallende pflanzliche Substrat wird aber seltener ausgeräumt. Im Jahre 1955 bemerkten wir es nur in einer Ecke des Staubeckens, in der eine unserer Schöpfstellen liegt. Unsere Proben wurden an der unteren Kante des Ufers oder mit dem Schöpfer bis 2 m davon vom Grunde, 40—80 cm tief, genommen. — Die folgende Geländestufe mit dem Zementbad wurde nicht begangen.

Es bleibt noch der Molkerei- oder Schmutzgraben zu behandeln übrig. Die schon erwähnten einmündenden Stall-, Molkerei- und Haushaltsabwässer wirken sich trotz der Strömung so belastend aus, weil die mengenmäßig dominierenden Molkereiabwässer zugleich so außerordentlich nahrungsreich sind. In den Zeiten des Einfließens des Schmutzes ist das Grabenwasser wolkig-trübe, sonst eilt relativ klares Wasser über das weißlich-grau überzogene Bett und die mit dichten „Schaffellen" behängten submersen Grasblätter, Zweige und andere Gegenstände.

Die Begehungen wurden zeitlich so gelegt, daß vegetativ wichtige Temperaturstufen im Jahre erfaßt wurden. Der Durchschnitt für die maximalen täglichen Lufttemperaturen für die Zeit von zwei Wochen vor jedem Exkursionstage sollen noch hinzugefügt werden. Der Durchschnitt für die Zeit vom 1.—13. 11. 1954 betrug 9,7° C (Extreme 7,3 und 12,2° C), vom 1.—13. 6. 1955: 16,0° (9,3 und 23,0° C), vom 15.—28. 8. 1955: 24,5° C (21,0 und 28,3° C) und vom 1.—14. 10: 14,8° C (11,6 und 17,5° C).

Bei der Probenentnahme sind die Abschnitte Quellbach und Molkereigraben bevorzugt worden. Sie stellen in bezug auf die Verunreinigung die Extreme dar. Die verschiedenen Becken (Sammel- und Staubecken und Fischteich) werden in der Darstellung als Teiche zusammengefaßt. Die Frage, ob die

Pilzbesiedlung in den Bächlein der Waldstufe der des Quellbaches ähnlicher sein würde als der in den Teichen, hat die Beibehaltung der Waldstufe bewirkt.

Von der Exkursion am 13. 6. 1955 wurden noch 10 Bodenproben aus einem einmündenden Wiesenquellbach und 10 weitere aus der Verlängerung des Molkereigrabens, dem Abzugsgraben an der Straße Cadenberge—Hemmor und dem in die Oste fließenden Mühlenschleusenfleet eingebracht. Die Analysenbefunde brachten keine neuen Gesichtspunkte für unsere Betrachtung und blieben darum bei unserer Darstellung unberücksichtigt.

1. Die erste Begehung am 13. Nov. 1954.

An 30 Proben ergaben sich die folgenden Befunde:

Artenliste	Stationen			
	Quellbach 13 Proben	Teiche 7 Proben	Waldstufe 4 Proben	Molkereigr. 6 Proben
Saprolegniaceae				
sexuelle Formen				
Pythiopsis cymosa	7	1	1	
Saprolegnia ferax	5	1	2	1
Saprolegnia mixta	1		1	
Saprolegnia monoica			2	
Saprolegnia diclina	1	1	1	
Cladolegnia intermedia				1
Leptolegnia caudata	2			
Achlya colorata			1	
Achlya spec.	2	1		
Thraustotheca clavata	2			
asexuelle Myzelien von				
Pythiopsis		1		
Saprolegnieen	13	6	2	
Achlyen	5	3	2	
Aphanomyces		2	1	
Pythiaceae				
sexuelle Formen				
Pythium monospermum	1			1
Pythium debaryanum	1			
asexuelle Formen und Myzelien				
Pythium inflatum	10	6	4	1
Py. spec., kugelige Sporangien	12	6	5	2
Pythium undulatum		3	1	
Py. undulatum var. litorale		1		
Pythium monospermum		2		
Pythium proliferum		2		1
Pythiomorpha fischeriana		3	1	
Pythiogeton utriforme		1		1
Phytophthora spec.				1
Chytridiales et al.				
Oplidium pendulum	5	5	3	1
Oplidium luxurians		2	1	
Rhizophidium globosum	7	5	4	
Phlyctochytrium spec.			3	

Artenliste, Fortsetzung	Stationen			
	Quellbach 13 Proben	Teiche 7 Proben	Waldstufe 4 Proben	Molkereigr. 6 Proben
Chytridium spec.	4	6	2	1
Chytridium apressum		2	1	
Eurychasma spec.	1	1		
Asterocystis sarcoptoides	2	4		
Hyphochytrium spec.		1		
Ectrogella spec.			1	
Fungi imp.				
sterile Myzelien	1	2	2	
Ascomycet, indet.		1		
Alternaria spec.			1	
Myzel mit braunen Kugelkonidien			1	
Organismen des Illuvies				
Cladothrix dichotoma	4	3	3	5
Sphaerotilus natans				4
Leptomitus lacteus				1
Thiothrix				1

		Quellbach		Teiche		Waldstufe		Molkereigraben	
		Befund.	%	Befund.	%	Befund.	%	Befund.	%
Saprolegniaceae	sexuell	20	**23,2**	4	5,5	8	17,4	2	9,1
	asexuell	18	**20,9**	12	16,7	5	10,9	—	—
Pythiaceae	sexuell	2	2,3	—	—	—	—	—	—
	asexuell	22	25,6	24	33,3	11	23,9	7	31,8
Chytridiales et al.		19	22,1	26	**36,1**	15	**32,6**	2	9,1
Fungi imp.		1	1,2	3	4,2	4	8,7	—	—
Organismen des Illuvies		4	4,6	3	4,2	3	6,5	11	**50,0**
		86	99,9	72	100,0	46	100,0	22	100,0

Tabelle 2: Die Prozentanteile der Organismengruppen an den vier Standorten des Dobrockbaches am 13. 11. 1954.

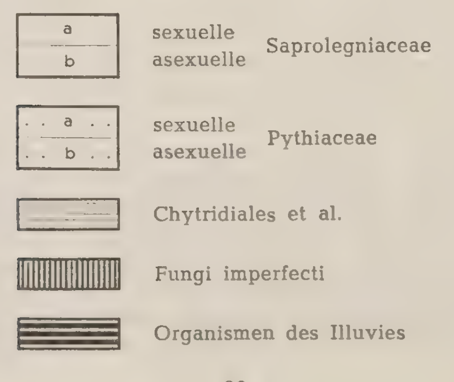
Die Artenliste zeigt, daß die meisten der sexuellen Saprolegniaceen im Quellbach vorkommen und die übrigen Abschnitte des Baches von hier aus besiedelt werden. Nur zwei Arten der Waldstufe *(S. monoica* und *A. colorata)* und eine Art aus dem Molkereigraben sind im oberen Laufabschnitt nicht nachgewiesen worden. Ihre Seltenheit läßt vielleicht auf Zufälligkeit schließen. — Als Sammelbecken für asexuelle Saprolegnien und Pythien erscheinen die Teiche. Weiter abwärts tritt neu einmal *Pythophthora spec.* auf; sie ist uns von früheren Studien her als resistent bekannt. — Stand-

Quellbach Teiche Waldstufe Molkerei-graben

100 %

0

Abb. 1: Standortspektren aus dem Dobrockbach für den 13. 11. 1954.



orteigene Formen begegnen uns auf den unteren Stufen wohl nur unter den Organismen des Illuvies; das wird sich allerdings erst nach weiteren Begegnungen zeigen.

Die Anteile der eingefangenen Vertreter der unterschiedenen Organismengruppen sind zur Veranschaulichung in Abb. 1 graphisch dargestellt worden. Für jeden der vier Standorte ist ein Spektrum gezeichnet. Ein Vergleich zeigt, daß die Veränderungen in den Spektren mit dem Wechsel in den chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers in den Abschnitten des Wasserlaufes parallelisiert werden können.

In allen Säulen ist die Reihenfolge der Organismengruppen die gleiche. Sie ergab sich aus den Erfahrungen während der Arbeit. Am empfindlichsten gegen die hier aufgetretene Verschmutzung zeigten sich die *Saprolegniaceae;* ihr Anteil liegt in den Säulen oben. Die Gliederung durch die Buchstaben a und b bezeichnet die Summen der sexuellen und asexuellen Befunde. In der gleichen Bedeutung sind die Buchstaben auch bei den folgenden *Pythiaceae* gebraucht. Abwärtssteigend schließen sich die *Chytridiales et al.*, die *Fungi imp.* und zu unterst die Bewohner starkbelasteter Zonen an.

Die Saprolegniaceen nehmen, von links nach rechts gelesen, ab und die Organismen des Illuvies zunächst langsam, zum Molkereigraben hin aber sprunghaft zu. Die leichte Rückläufigkeit bei den Saprolegniaceenanteilen von den Teichen zur Waldstufe könnte, wenn wir uns der oben mitgeteilten jahreszeitlichen Habitatsähnlichkeiten zwischen Quellbach und Waldstufe erinnern, unserer Erwartung entsprechen. Das bedeutsame dabei ist, daß auch die Anteile der sexuellen Saprolegnien die gleiche Welle zeigen.

Die Einmündung der Molkereiabwässer verändert sturzhaft das Bild zugunsten der Schmutzorganismen. Überraschend ist die Tatsache, daß die beiden gefundenen Saprolegnien hier sexuell sind. Es drängt sich der Gedanke auf und ist auch nicht von der Hand zu weisen, daß diese von der lebhaften Strömung vom oberen Bachlauf eingeschwämmt worden sind und mit den Proben eher eingefangen wurden, als sie ausgemerzt werden konnten. Daß sich hier resistente Saprolegnien herausgebildet haben könnten, ist äußerst unwahrscheinlich. Das dürfte sich auch aus den Befunden wiederholter Begehungen zeigen.

Im Spektrum für den Molkereigraben sind keine *Fungi imp.* enthalten. Sie nahmen vom Quellbach an stetig, wenn auch leicht, zu. Die Protokolle für diese erste Serienbehandlung geben darüber keine Auskunft mehr. Ziehen wir dafür das Spektrum für diesen Graben von der Oktoberexkursion 1955 (also 11 Monate später, Abb. 4) heran, ist es augenscheinlich, daß in Abb. 1 an dieser Stelle eine Unsicherheit vorliegt, die aufgezeigt werden muß.

2. Die **zweite Begehung** am 13. 6. 1955.

Aus 42 Proben ergaben sich die folgenden Befunde:

Artenliste	Stationen			
	Quellbach 16 Proben	Teiche 9 Proben	Waldstufe 7 Proben	Molkereigr. 10 Proben
Saprolegniaceae				
sexuelle Formen				
Saprolegnia monilifera	2			
Saprolegnia hypogyna	1			
Saprolegnia diclina		1		
Saprolegnia monoica	2			1
Saprolegnia mixta	5	2		
Saprolegnia ferax	7		7	3
Cladolegnia intermedia	2			
Protoachlya paradoxa	2			
Aphanomyces laevis	4			
Achlya spinosa	3			
Achlya hypogyna	1			
Achlya colorata	3	1		
Achlya klebsiana	2	2	1	
Dictyuchus monosporus	3			
Thraustotheca clavata	2			
Brevilegnia subclavata	1	1		
Brevilegnia diclina	1	1		
Brevilegnia unisperma		1		
asexuelle Formen und Myzelien				
Dictyuchus sterile	5	3	3	3
Saprolegnieen	1	5		3
Achlyen		4	1	
Aphanomyces				1
Pythiaceae				
sexuelle Formen				
Pythium carolinianum	1			
Pythium irregulare	1			
Pythium inflatum	2			
Pythium proliferum	3	1		
Pythium graminicolum	4		2	
Pythium monosperum	4	1	3	1
Pythium pulchrum	2		2	1
Pythium artotrogus			1	3
Pythium rostratum	1			
asexuelle Formen und Myzelien				
Pythium afertile	1	1		
Pythium intermedium		1		
Py. spec. kugelige Sporangien	7	5	4	5
Py. spec. fädige Sporangien	4	3	2	1
Pythium inflatum	3			2
Pythium proliferum		1		1
Pythium graminicolum			1	1
Pythiomorpha fischeriana		2		1
Pythiogeton transversum				1

Artenliste, Fortsetzung	Stationen			
	Quellbach 16 Proben	Teiche 9 Proben	Waldstufe 7 Proben	Molkereigr. 10 Proben
Chytridiales et al.				
Olpidium pendulum	6	4	3	5
Olpidium luxurians	12	3	4	3
Rhizophidium pollinis pini	9	4	2	
Rhizophidium globosum	7	3	1	2
Rhiz. spec. Reinboldt	3			
Rhizophidium gibbosum	4			
Rhizophidium laterale	1	1		
Phlyctoch. spec. aff. hallii	9	6	3	2
Phlyctochytrium spec. aff. equale	6	3		
Phlyctochytrium laterale	2	2		1
Phlyctochytrium synchytrii	4			
Phlyctochytrium biporosum	4			1
Phlyctochytrium chaetophorae	1			
Phlyctochytrium spec. aff. vernale	1	2	2	3
Chytridium spec.			2	2
Asterophlyctes sarcoptoides		1		
Saccopodium			1	
Myzozytium zoophthorum			1	
Synchytrium spec.	4	4	1	1
Ectrogella spec.		1		
Fungi imp.				
sterile Myzelien Form I				4
sterile Myzelien Form II				3
sterile Myzelien Form III				4
Alternaria anagallidis	1			
Alternaria spec.	1			
Organismen des Illuvies				
Cladotrix dichotoma	14	4	5	2
Sphaerotilus natans		2		10
Zoogloea ramigera	1	2		2
Beggiatoa alba				5
Leptomitus lacteus				1

		Quellbach		Teiche		Waldstufe		Molkerei-graben	
		Befund.	%	Befund.	%	Befund.	%	Befund.	%
Saprolegniaceae	sexuell	41	24,1	9	11,5	8	15,4	4	5,1
	asexuell	6	3,5	12	15,4	4	7,7	7	8,9
Pythiaceae	sexuell	18	10,6	2	2,6	8	15,4	5	6,5
	asexuell	15	8,8	13	16,7	7	13,4	12	15,2
Chytridiales et al.		73	**42,9**	34	**43,6**	20	**38,4**	20	**25,3**
Fungi imp.		2	1,2	—	—	—	—	11	13,9
Organismen des Illuvies		15	8,8	8	10,2	5	9,6	20	**25,3**
		170	99,9	78	100,0	52	99,9	79	100,0

Tabelle 3: Die Prozentanteile der Pilzgruppen an den vier Standorten des Dobrockbaches am 13. 6. 1955.

Für die Betrachtung der Liste und Spektren ist die folgende Bemerkung wichtig: Nachdem die Proben des Quellbachabschnittes eingeholt waren, ging am 13. 6. ein schwerer Wolkenbruch nieder. Als danach die Aufsammlung wieder aufgenommen wurde, rauschte das Wasser zu Tal. Es ist möglich, daß die Befunde in den unteren Abschnitten dadurch beeinflußt worden sind.

Die Artenliste aus dieser Junibegehung ist auffallend reichhaltig. Die Quellbachproben wurden zweimal angesetzt. Die Artenzahl ist dabei um drei Arten mit vier Befunden gewachsen. Die für das Spektrum errechneten Anteile haben sich dadurch nur unwesentlich verändert.

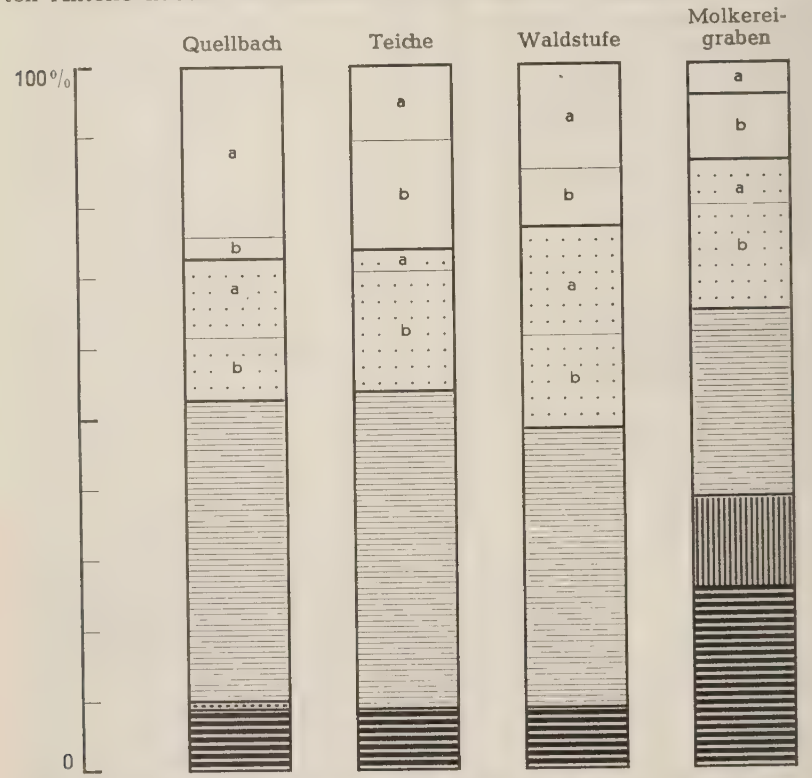


Abb. 2: Standortspektren aus dem Dobrockbach für den 13. 6. 1955.

Noch viel deutlicher als im November des Vorjahres zeigt sich der kühle und klare Quellbach als relativ optimaler Lebensraum für die sexuellen Saprolegniaceen und Pythien, nach Zahl der Arten und der Dichte. In dieser Zeit sind auch die uferbewohnenden Formen *(Thraustotheca-* und

Brevilegnia-Arten) in den Bach eingewandert. Neben *Dictyuchus monosporus* treten auch die seltenen *Achlya spinosa* und *Protoachlya paradoxa* auf. Die im November 1954 häufige *Pythiopsis* ist dagegen nicht mehr gefunden worden. Die meisten asexuellen Formen und Myzelien der beiden gleichen Pilzfamilien fanden sich wieder in den Teichen. Die Schatzkammer für die *Chytridiales et al.* ist dieses Mal der Quellbach. Bei der vorigen Begehung gaben die Teiche die reichere Ausbeute. Einseitig bevorzugt war der Molkereigraben von den *Fungi imp.*, und ähnlich ist es auch bei den Organismen des Illuvies, besonders den Formen des stärksten Schmutzes. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß zugleich in 14 der 16 Quellbachproben auch *Cladothrix dichotoma* gefunden wurde. Die Fadenbakterien können zur warmen Jahreszeit auch im reinen, aber kühlen fließenden Wasser auftreten. Daß dieses Vorkommen für die Gesamtbesiedlung des Standortes von untergeordneter Bedeutung ist, veranschaulicht deutlich das Spektrum, das links in der Reihe der Abb. 2 steht.

Insgesamt sind die Anteile der Oomyceten *(Saprolegniaceae* und *Pythiaceae)* etwas zurückgegangen. Die Rückläufigkeit von den Teichen zur Waldstufe ist jetzt ausgeglichen. Vielleicht half dabei das abwärtsrauschende Niederschlagswasser. Alle Spektren zeigen eine Zunahme des *Chytridiales*anteiles und dazu ein leichtes Ansteigen des der Schmutzorganismen. Auffallend beim Vergleich der beiden Abb. 1 und 2 ist, daß im November des Vorjahres die Anteile von links nach rechts treppenartig aufwärts führten, und jetzt im Juni ist diese Tendenz einer Ausgeglichenheit gewichen. Nur die Säule des Molkereigrabens fällt wie damals ab; der Schnitt von der Waldstufe dahin ist eben sehr bedeutsam.

3. Die dritte Begehung am 29. 8. 1955.

Aus 58 Proben ergaben sich die folgenden Befunde:

Artenliste	Stationen			
	Quellbach 29 Proben	Teiche 12 Proben	Waldstufe 4 Proben	Molkereigr. 13 Proben
Saprolegniaceae				
sexuelle Formen				
Leptolegnia caudata	2			
Saprolegnia monoica	1			
Saprolegnia monilifera	2		1	
Saprolegnia ferax	3	2	2	2
Cladolegnia unispora		1	1	
Aphanomyces laevis	1			
Achlya racemosa	1			
Calyptralegnia ripariensis		1		
Dictyuchus monosporus	2	1		
Brevilegnia unisperma		1		
asexuelle Myzelien				
Dictyuchus sterile	13	5		2
Brevilegnia bispora		1		
Saprolegnieen	3	2	3	1
Achlyen	2	2		
Aphanomyces	1	1		

Artenliste, Fortsetzung	Stationen			
	Quellbach 29 Proben	Teiche 12 Proben	Waldstufe 4 Proben	Molkereigr. 13 Proben
Pythiaceae				
sexuelle Formen				
Pythium ultimum	7			
Pythium proliferum	2			
Pythium vexans	1			
Pythium artotrogus	1			
Pythium dissotoccum	7			
Pythium graminicolum	2	1		
Pythium pulchrum	3	1		
Pythium mammillatum	1	1		
Pythium rostratum	3	1		
Pythium inflatum	4		1	
Pythium debaryanum	8		1	1
Pythium monospermum	9	1	1	
asexuelle Formen und Myzelien				
Pythium elongatum	1	1		
Pythium afertile	3			
Pythium mit Kugelsporangien	24	14	4	14
Pythium mit Fadensporangien	3	3	1	3
Pythiomorpha fischeriana	1	1	1	
Pythiogeton ramosum				1
Phytophthora spec.		1		1
Chytridiales et al.				
Olpidium pendulum	21	1		
Oplidium luxurians	14	1	1	
Rhizophidium pollinis pini	8	7	1	5
Rhizophidium globosum	14	1	2	1
Rhizoph. spec. aff. gibbosum		2	1	
Rhizophidium laterale	2	1		
Rhizophidium spec.	1	1		
Phlyctochytrium equale	13	2	2	1
Phlyct. spec. aff. hallii	6	4	2	1
Phlyctochytrium spec.	4	3		3
Phlyctochytrium synchytrii	2	2	1	
Phlyctochytrium spec. aff. vernale	3	2		
Phlyctochytrium biporosum	8	3		
Phlyctochytrium laterale	1	1		
Phlyctochytrium chaetiferum	1			
Chytridium spec.	3		1	1
Synchytrium spec.	3	2	1	
Nowakowskiella elegans	2			1
Asterophlyctis sarcoptoides	1			
Ectrogella spec.	1		2	
Fungi imp.				
steriles Myzel, Form I	17	5	1	9
steriles Myzel, Form II	6	2		5
steriles Myzel, Form III				4
Myzel mit kugelig. Chlamydospor.	4			
Alternaria spec.	2			
Caldariomyces fumago	1			

Artenliste, Fortsetzung	Stationen			
	Quellbach 29 Proben	Teiche 12 Proben	Waldstufe 4 Proben	Molkereigr. 13 Proben
Ascobolus spec.				3
Oospora lactis				4
Oospora ludwigii				4
Oospora spec.				2
Endomyces spec.				3
Candida albicans				1
Can. spec. Wuchsform *Mycocandida*				5
Monilia cinera				1
Organismen des Illuvies				
Cladothrix dichotoma	17	10	4	3
Cladothrix fluitans				1
Sphaerothilus natans	9	3	1	9
Zoogloea ramigera	7	2	1	5
Beggiatoa alba				3
Pilobolus oedipus				1
Leptomitus lacteus				4

		Quellbach		Teiche		Waldstufe		Molkerei-graben	
		Befund.	%	Befund.	%	Befund.	%	Befund.	%
Saprolegniaceae	sexuell	12	4,3	6	6,2	4	10,8	2	1,9
	asexuell	19	6,7	11	11,3	3	8,1	3	2,9
Pythiaceae	sexuell	48	17,0	5	5,2	3	8,1	1	1,0
	asexuell	32	11,3	20	20,6	6	16,2	19	18,1
Chytridiales et al.		108	**38,3**	33	**34,0**	14	**37,8**	13	12,4
Fungi imp.		30	10,6	7	7,2	1	2,7	41	**39,0**
Organismen des Illuvies		33	11,3	15	15,5	6	16,2	26	24,7
		282	99,5	97	100,0	37	99,9	105	100,0

Tabelle 4: Die Prozentanteile der Pilzgruppen an den vier Standorten des Dobrockbaches am 29. 8. 1955.

Diese Exkursion fand während der wärmsten Zeit des trockenen Sommers 1955 statt. Die Probenzahl lag diesmal höher als sonst, vor allem die vom Quellbach mit 29 Proben.

Die Artenliste der *Saprolegniaceae* ist wieder kürzer geworden, sowohl die der sexuellen als auch der asexuellen. Die Formen des *Saprolegnia*-Sporulationstypus (die Gattungen *Saprolegnia, Leptolegnia* und *Cladolegnia)* sind dieselben oder ähnlich wie bei den früheren Begehungen. Von den Angehörigen des *Achlya*-Typus (die Gattungen *Achlya* und *Aphanomyces)* sind jetzt nur zwei vorhanden, wie im November des Vorjahres und gegenüber sechs im Juni. Wie im Juni aber ist der *Thraustotheca*-Typus wieder durch drei Gattungen *(Calyptralegnia, Dictyuchus* und *Brevilegnia)* vertreten. Im November war nur die Gattung *Dictyuchus* gefangen worden.

Die Artenzahl der *Pythiaceae* ist gewachsen. Das optimale Vorkommen der sexuellen Formen liegt immer noch im Quellbach und der höchste Prozentanteil der asexuellen wieder in den Teichen. Im November 1954 überwogen die asexuellen Myzelien, seither die sexuellen. Die gefundenen Gattungen blieben die gleichen. Die häufigste Art ist *Pythium monosperum*. Sie ist die älteste der beschriebenen Pythien und begegnet uns in Nordwestdeutschland oft, sowohl im submersen als auch im terrestrischen Raum. — Die Zunahme der Arten und der sexuellen Myzelien dieser Familie dürfte eine Folge der Temperaturzunahme sein. Die Annahme deckt sich mit den bekanntgeworden Erfahrungen.

Ebenso blieb es bei den *Chytridiales*, obwohl die Befundzahlen die höchsten aller Begehungen sind. Neu hinzutretende Arten sind Einzelfunde, die darum leicht den Charakter der Zufälligkeit erhalten. Die günstige Vegetationszeit dieser Organismen dauert noch an. Im Quellbach kommen durchschnittlich 3,7 Befunde auf eine Probe, in den Teichen 2,7 und im Molkereigraben 1,0. Diese Quotienten illustrieren die Abhängigkeit von den äußeren Faktoren an den Standorten.

Bei den *Fungi imp.* sind von 79 Vorkommen 49 sterile Myzelien. Die meisten von ihnen, trotz der viel niedrigeren Probenzahl, birgt wieder der Molkereigraben. Die Ursache dafür dürfte auch hier die Temperaturerhöhung sein, die die *Fungi imp.* begünstigt, die Vegetation der Fadenbakterien aber einengt.

Die Organismen des Illuvies sind in dieser Jahreszeit auch im Quellbach deutlich nachweisbar. In 29 Schalen wurden 33 Befunde gemacht. Davon fällt aber die Hälfte auf den tolerantesten der Angehörigen, *Cladothrix dichotoma*. Im Molkereigraben blieb das Verhältnis Probenzahl : Befandzahl bei allen Begehungen fast gleich, 1:2.

Die spektrenhafte Darstellung der Befunde bringt eine auffallende Veränderung. In der Novemberserie (Abb. 1) stiegen die Anteile von Spektrum zu Spektrum, von links nach rechts gelesen, treppenstufenhaft aufwärts. In der Juniserie (Abb. 2) war diese diagonale Ausrichtung schon stark abgeschwächt, und jetzt ist sie in den drei links stehenden Säulen ganz aufgehoben und bei den *Saprolegniaceae* und den *Fungi imp.* sogar leicht rückläufig geworden.

Die Erscheinung ist offenbar durch die Abnahme des Saprolegnienanteils im Quellbach bedingt. Wäre er um 10 % höher, würde bei den drei links stehenden Säulen eine angenäherte Uniformität bestehen. Die Probenzahl kann dafür keine Erklärung geben; sie lag höher als sonst. Um diese auffällige Feststellung zu überprüfen, wurden die 29 Quellbachproben sogar dreimal beködert. Das Bild änderte sich dadurch nicht. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers haben sich in diesem oberen Bachabschnitt weniger verändert als in dem unteren. Im November wurden zehn sexuelle Saprolegnien gefunden und jetzt im August auch. Es fehlt jetzt allerdings die im November stark verbreitete *Pythiopsis*

cymosa. Das Ausbleiben dieser Art dürfte wohl mit der für sie bestehenden jahreszeitlichen Peridiozität zu erklären sein. Die Peridiozität kann aber wohl nicht die augenblickliche Gesamtsituation im Quellbach verursachen. Die Ursache für die Abnahme des Saprolegnienanteiles im oberen Abschnitt ist durch unsere Beobachtungen augenscheinlich nicht erfaßt worden.

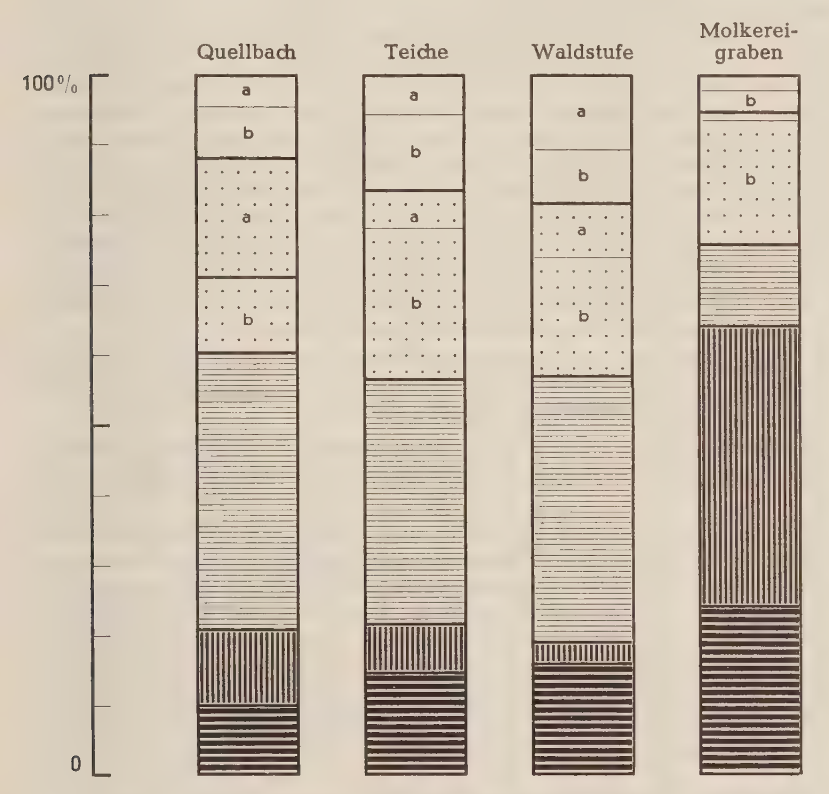


Abb. 3: Standortspektren aus dem Dobrockbach für den 29. 8. 1955.

Schon einmal teilten wir eine ungeklärte Beobachtung bezüglich der Unterdrückung bzw. des Ausbleibens der Saprolegnien während des Sommers mit. Nach der Ausbildung der sommerlichen Teilzirkulation im Silbersee bei Bremerhaven wurden unterhalb der Sprungschicht keine Myzelien dieser Familie mehr gefunden, obgleich sie während der Vollzirkulation im Frühjahr über den ganzen Wasserraum bis ca. 10 m Tiefe regelmäßig mit

Köderbeuteln gefangen worden waren (HÖHNK und BOCK 1953). Auch damals sagten wir, daß der wirksame Faktor bei der Untersuchung nicht erkannt worden sei.

Auf Sauerstoffmangel konnten wir damals nicht schließen, hier im Quellbach sicher nicht. Weil die Peridiozität und auch die Verteilung der Sporulationstypen in Verbindung mit der Propagationsziffer zur Erklärung in diesem Dobrockbachabschnitt nicht auszureichen scheinen, werden auch Ursachen bedacht werden können, die diese Pilze durch Rassenbildungen nicht oder nur viel langsamer überwinden können. Das wäre z. B. der Fraß durch andere heterotrophe Organismen, besonders Tiere. Diese Tatsache ist nicht bewiesen, wohl aber haben sich über die Jahre Beobachtungen machen lassen, die zeigten, daß die Strudler unter den Ciliaten und in geringerem Maße Amöben die Sporen dieser Pilze fraßen. Auch die Beobachtungen von OETKER berichten über den Fraß von Pilzsporen durch Bakterien. Wenn im unteren Teilgebiet des Silbersees die Fresser schrittweise in eine Nahrungsarmut hineinsteuern, ist es denkbar, daß der Nachweis der Pilze immer mehr dem Zufall ausgesetzt ist. Die Zahl der jungen Myzelien würde laufend abnehmen, und auch die relativ lange Lebensdauer einer Pilzgeneration würde sich nachteilig auswirken.

So ausmerzend wie dort könnte sich dieser Faktor im Quellbach nicht auswirken. Er könnte aber bei unverminderter Artenzahl das Absinken der Befundzahlen zu erklären geeignet sein.

Die *Chrytridiales et al.* sind in den drei oberen Abschnitten des Wasserlaufes in optimaler Verbreitung, im Molkereibach aber nur spärlich vorhanden.

Die Organismen des Illuvies zeigen ein Anwachsen in den drei linken Säulen, im Spektrum des Molkereigrabens dagegen nicht. Das dürfte wenigstens zum Teil mit den Erfahrungen in Einklang zu bringen sein, daß die Vegetation der Fadenbakterien in der kühleren Jahreszeit weit üppiger ist als in der heißen. Statt ihrer erlangen die *Fungi imp.* ihre optimale Bedeutung für dieses verschmutzte Gewässer während des Jahres. Es ist nicht so, daß nur Molkereipilze diesen Anteil darstellen, sondern etwa die Hälfte der gefundenen Myzelien könnte auch im Abflußrohr von Küchenabwässern vielerorts gefunden werden.

4. Die vierte Begehung am 14. 10. 1955.

Die in der ersten Reihe der Spektren (Abb. 1 vom Nov. 1954) zum Ausdruck gekommenen ökologischen Beziehungen zwischen Pilzbesiedlung und Standort haben uns zu den wiederholten Begehungen veranlaßt. Die dort aufgezeigten Zusammenhänge waren aber als das Endstadium der Vegetationsperiode des Jahres 1954 anzusehen. Wenn die bei den späteren Begehungen hervorgetretenen Änderungen (Abb. 2 u. 3) als jahreszeitlich bedingt aufzufassen sind, müßte die Auswertung einer Begehung im Herbst des Jahres 1955 eine Ähnlichkeit an die des Vorjahres anklingen

lassen. Ein weiterer Grund für eine neue Herbstexkursion war in der Notwendigkeit gegeben, den im November 1954 nicht festgehaltenen Anteil an *Fungi imp.* jetzt zu erfassen. Auf dieser wurden aus der Waldstufe dieses Mal keine Proben genommen.

Aus 27 Proben ergaben sich die folgenden Befunde:

Artenliste	Stationen: Quellbach 10 Proben	Teiche 9 Proben	Molkereigr. 8 Proben
Saprolegniaceae			
sexuelle Formen			
Pythiopsis cymosa	7		
Leptolegnia caudata	2		
Saprolegnia monoica var. montana	1		
Saprolegnia mixta		1	
Saprolegnia ferax		3	
Cladolegnia intermedia		1	
Cladolegnia unispora	1		
Protoachlya paradoxa	1		
Aphanomyces laevis	1		
Achlya colorata	1		
Thraustotheca clavata	1		
Aplanopsis terrestris	1		
asexuelle Myzelien von			
Saprolegnieen	9	6	
Achlya	1	3	
Aphanomyces	1	2	
Protoachlya		1	
Dictyuchus sterile	3	3	3
Pythiaceae			
sexuelle Formen			
Pythium monospermum	7	2	2
Pythium proliferum	2	4	1
Pythium pulchrum	1	1	
Pythium graminicolum	1		
Pythium inflatum		2	
asexuelle Formen und Myzelien			
Pythium mit Kugelsporangien	8	1	2
Pythium mit Fadensporangien	4	2	2
Pythium elongatum	3	3	
Pythium proliferum	1	3	
Pythium intermedium	1		
Pythiomorpha fischeriana	2	1	
Pythiogeton utriforme			1
Chytridiales et al.			
Olpidium luxurians	5	3	
Olpidium pendulum	5	5	
Rhizophidium globosum	4	1	2
Rhizophidium pollinis pini	2		1
Rhizophidium spec. aff. gibbosum		2	
Rhizophidium chaetiferum		1	
Rhizophidium spec.			1

Artenliste, Fortsetzung	Stationen Quellbach 10 Proben	 Teiche 9 Proben	 Molkereigr. 8 Proben
Phlyctochytrium spec. aff. hallii	4		
Phlyctochytrium spec. aff. equale	2		
Phlyctochytrium spec. aff. vernale	1	1	
Dangeardia mammillata		1	1
Megachytrium spec.			
Asterophlyctis sarcoptoides	1	1	
Ectrogella spec.	1		
Fungi imp.			
steriles Myzel Form I	1	4	7
steriles Myzel Form II			5
steriles Myzel Form III		2	
Myzel m. kugeligen Chlamydosporen	1	2	
Myzel mit dreikammrigen Konidien		1	
Oospora lactis			5
Fusarium aquaeductum		1	1
Ascobolus spec.	1		
Cladosporium spec.	1	1	
Asterothrix spinulosa		1	
Organismen des Illuvies			
Cladothrix dichotoma	9	7	5
Sphaerotilus natans			3
Zoogloea ramigera	3	2	8
Beggiatoa alba			4
Spirillum volutans			1

		Quellbach		Teiche		Molkerei-graben	
		Befund.	%	Befund.	%	Befund.	%
Saprolegniaceae	sexuell	16	**15,8**	5	**6,7**	—	—
	asexuell	14	**13,9**	15	**20,0**	3	5,5
Pythiaceae	sexuell	11	**10,9**	9	12,0	3	5,5
	asexuell	19	**18,8**	10	13,3	5	9,1
Chytridiales et al.		25	24,8	15	20,0	5	9,1
Fungi imp.		4	4,0	12	16,0	18	32,6
Organismen des Illuvies		12	11,8	9	12,0	21	**38,0**
		101	100,0	75	100,0	55	99,8

Tabelle 5: Die Prozentanteile der Pilzgruppen an den vier Standorten des Dobrockbaches am 14. 10. 1955.

Die Liste der Saprolegniaceae zeigt große Ähnlichkeit mit der vom November des Vorjahres. Es fehlten nur zwei Arten, alle anderen sind vorhanden. Hinzu kommen in diesem Jahre noch Einzelfunde von *Protoachlya Aphanomyces laevis, Aplanopsis terrestris* und *Cladolegnia unispora*. Die *Pythiopsis cymosa* ist nicht nur wieder da, sondern auch wieder häufig. Damals erschien sie in 7 von 13 Proben und jetzt in 7 von 10 Pro-

ben. Im Vorjahr enthielten 4 von 7 Schalen aus den Teichen Saprolegnien und dieses Mal 5 von 9 Schalen. Auch sind die Quotienten aus den Befunden von sexuellen : asexuellen Myzelien aus den beiden herbstlichen Begehungen einander viel ähnlicher als denen, die von den zwischenzeitlichen Begehungen errechnet werden können.

Die *Pythiaceae* haben ihr sommerliches Optimum überschritten. Die Zahl der Arten ist seit August abgefallen und nun, wie auch der Anteil der asexuellen Befunde, wieder ähnlich den Verhältnissen vom November 1954. Die Hälfte der Arten ist in den beiden Herbstmonaten dieselbe.
Die gleiche Tendenz zeigen auch die Befunde der *Chytridiales et al.*

Die *Fungi imp.* sind relativ häufig vorhanden, und diese Tatsache sagt, daß sie im Spektrum vom Molkereigraben in der Abb. 1 fehlen. Sie sind in diesem Habitat immer vorhanden und wechseln jahreszeitlich in ihren Anteilen. Im warmen Sommer dominierten sie in unserer Darstellung sogar über die Schmutzorganismen. Mit Eintritt des Herbstes verschiebt sich die Relation und führt mit zunehmender Abkühlung zur Umkehrung.

Von den Schmutzorganismen ist *Cladothrix dichotoma* in 9 von 10 Rohkulturen in kleinen Beständen im Quellbach gefunden worden; im Molkereigraben trat daneben ihre das Schmutzwasser charakterisierende Wuchsform *Sphaerotilus natans* hinzu. Auch die *Zoogloea* ist in einzelnen Proben aus den oberen Bachabschnitten gefangen worden, in denen aus dem Molkereigraben war sie regelmäßig enthalten und dazu noch *Beggiatoa alba* in der Hälfte der Proben und in einer Schale *Spirillum volutans.*

Obwohl wir in diesem Jahre einen Monat eher als im Vorjahre gingen, zeigen doch die beiden Abb. 1 und 4 sehr deutlich die gleiche Tendenz. Die einzelnen Anteile sind zwar nicht gleich, aber eine weitere Annäherung könnte in Abhängigkeit an die jahreszeitliche Dynamik noch eintreten. Völlige Gleichheit zu erwarten, hieße den jahreszeitlich wirksamen Faktoren den Kalender vorschreiben und andere, zufällige außer Betracht lassen.

Die auffallendsten Änderungen in den Spektren zeigen die beiden links stehenden. Die *Saprolegniaceae* vergrößerten ihren Anteil und die Quotienten sexuelle : asexuelle Formen werden den Werten des Vorjahres sehr ähnlich. Derselbe Quotient ist bei den *Pythiaceae* noch zugunsten der sexuellen Formen verschoben. Es mag sein und es ist für die allgemeine Betrachtung auch wahrscheinlich, daß mit weiterer Abkühlung die asexuellen Myzelien zur Dominanz gelangen. Dieser Zustand kann dann während des winterlichen Halbjahres anhalten. Wenn gleichzeitig die *Fungi imp.* und Schmutzorganismen anteilig im Quellbach und in den Teichen weiter etwas abnehmen, ist nahezu Gleichheit mit dem Status gegeben, wie er in Abb. 1 vom Vorjahre gezeigt wurde.

Die Molkereigrabenspektren sind aus dem oben genannten Grunde nur mittelbar miteinander zu vergleichen. Würde man etwa die Zahl der Be-

funde an *Fungi imp.* vom Oktober 1955 (Abb. 4) beim Molkereigrabenspektrum vom November des Vorjahres (Abb. 1) einsetzen und die Anteile der Gruppen dann neu errechnen, dürfte eine noch größere Ähnlichkeit der beiden herbstlichen Spektren von diesem Standort erreicht werden.

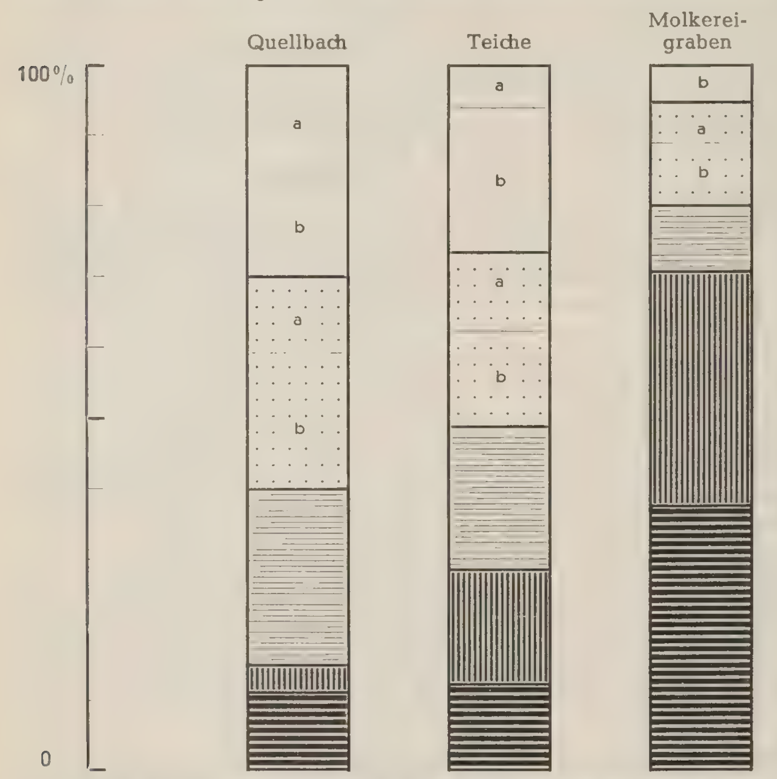


Abb. 4: Standortspektren aus dem Dobrockbach für den 14. 10. 1955.

5. Betrachtung der Ergebnisse vom Dobrockbach.

Jede der Abb. 1—4 vereinigt 4 bzw. 3 Einzelspektren von ökologisch verschiedenen Habitaten. Entsprechend dieser Unterschiedlichkeit sind die Einzelspektren auch untereinander ungleich, und zwar sind sich die am ähnlichsten, deren Standorte gemeinsame oder ähnliche Charakterzüge haben. In der natürlichen Reihenfolge Quellbach — Teiche — Molkereigraben parallelisieren die Spektren die zunehmende Verschmutzung und illustrieren ihre Wirkung auf die Mycoflora. Daß in den Serien jeweils auffälligste Spektrum zeigt der Molkereigraben. Er ist auch der am meisten belastete Abschnitt.

Der als „Waldstufe" bezeichnete Teil des Wasserlaufes ist dem Quellbach ökologisch ähnlicher als den anderen beiden Teilen. In den Abb. 1 und 2 (November und Juni) zeigen die Spektren von diesen beiden Standorten auch die größere Ähnlichkeit, obwohl sie durch die Teiche voneinander getrennt sind.

Von den unterschiedenen Organismengruppen sind die *Saprolegniaceae* und die Organismen des Illuvies die extremen und damit die besten Anzeiger des Zustandes. Ihre Anteile haben in den Abbildungen kompensatorische Tendenz. Die Angehörigen der anderen Gruppen unterliegen nicht in dem gleichen Maße den im Dobrockbach wirksamen Einflüssen. Bemerkenswert, besonders sommers, ist noch das Vorkommen der *Fungi imp.*, besonders in der stark belasteten, meso-β- bis polysaproben Zone. Ihre Häufigkeit und Zahl in diesem Abschnitt war überhaupt unvermutet.

Neben den mitgeteilten Feststellungen ergeben sich noch einige weitere aus dem Vergleich der S e r i e n. Jede Abbildung repräsentiert die Besiedlungsrelationen einer Jahreszeit. Wie die Außenfaktoren sich ändern, wechselt auch das Gefüge der Spektren. Aber das zeigt sich nicht etwa nur bei einem, sondern gleichzeitig bei allen Einzelspektren. Jeder Standort zeigt einen Jahreszyklus. Daß ein Zyklus besteht, wird erhärtet durch die Ähnlichkeit der Serien vom November 1954 und Oktober 1955, die relativ geringere Abweichung davon im Juni (Abb. 2) und die größte Diskrepanz in der Abb. 3 vom August, die die Zusammensetzung der Besiedlung während einer extrem warmen Sommerzeit widerspiegelt.

Eine jahreszeitlich bedingte Erscheinung sehe ich auch darin, daß die Anteile der Schmutzorganismen zum Sommer hin im kühleren Quellbach anwuchsen, während sie anteilmäßig im wärmeren Molkereigraben sommers etwas zurückgingen.

B. D a s B e - u n d E n t w ä s s e r u n g s s y s t e m v o n E l l w ü r d e n

Es blieb nun zu untersuchen, ob den gemachten Feststellungen allgemeine Bedeutung zukommt. Es wurden darum mehrere Wasserläufe und geeignete Einzelplätze in diesem Jahre begangen und in gleicher Weise untersucht. In dem folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse von e i n e m anderen Wassersystem angeschlossen.

Für die Chemie des Wassers und die Hydroflora liegen in den Wasserzügen bei Ellwürden auf der Westseite der Wesermündung ganz andere Gegebenheiten vor, als wir sie von der Wingst her kennen.

Das ganze Land ist flache, niedrige Marsch. Ihre Decke aus Marschkleie wird nur hier und da fleckenhaft von zutage tretenden Tonlagern durchbrochen. Diese guten, mineralischen Naßböden sind über 80 Prozent Dauergrünland, und bei der Punktkartierung der Rinder ist diese Landschaft im Rahmen Nordwestdeutschlands auffallend dicht bedeckt.

Das Grundwasser ist oberflächennah, aber für den Genuß ungünstig. Es ist reich an gelösten Stoffen des nahrungsreichen, kleiigen Bodens. In den

engeren Gräben, wohl besonders bei den nicht als Schaugräben bezeichneten, in denen das Wasser sommers längere Zeit stagniert, bildet sich dann eine dichte und auch dicke Decke einer autotrophen Oberflächenvegetation, oder Schilf steigt vom Ufer ins Grabenbett und engt es stark ein. Dieser natürliche Prozeß der Eutrophisierung verschlechtert das Wasser noch. Dem entgegen wirkt die Ausräumung der Gräben, die in den Schaugräben jährlich, in deren Abzweigungen wohl nicht so häufig vorgenommen wird. Durch diese Maßnahme wird die Qualität des Wassers wieder gebessert. Dieser Umstand muß bedacht werden bei der Probenentnahme und bei der Bewertung der Befunde. Das ist besonders dann zu beachten, wenn zwei Standorte miteinander verglichen werden, die nicht gleich oft oder zu gleichen Zeiten gereinigt worden sind.

Noch durch zwei andere, häufiger oder dauernd wirksame Quellen wird die Qualität des Wassers geändert. Das ist einmal die Einführung von W e s e r w a s s e r und zum anderen sind es die A b w ä s s e r der Haus- und Viehhaltungen und der gewerblichen Betriebe.

Da Grundwasser und Niederschläge nicht für alle Wünsche und Zwecke der landwirtschaftlichen Betriebe ausreichen, besteht schon seit langen Jahrzehnten ein engmaschiges Netz von Sielen und Gräben, durch das Wasser von und nach der Weser zu- bzw. abgeleitet werden kann.

Gewöhnlich im Mai, beim Austreiben des Viehes auf die Weide, wird das Tor des Beckumer Sieles geöffnet. Dann strömt Weserwasser ein und gelangt durch die anschließenden Siele bis in alle Gräben. Der Wasserstand erreicht in diesen Tagen im Untersuchungsgebiet fast das Niveau der Weideflächen.

Nach der Auffüllung aller Läufe wird der Einlauf in das Große Sieltief geschlossen. Die Regulierung, d. h. die Erniedrigung des Wasserstandes wird dadurch erreicht, daß das Zuviel des Wassers durch die östliche Verlängerung des Großen Sieltiefes bei Ebbezeit wieder bei der Siedlung Großensiel in die Weser zurückgeführt wird.

Der Wasserstand sinkt dann in den Gräben so weit, wie die vielen eingebauten kleinen und großen Staue und Schotten es erlauben. Da deren Höhe in den Abzweigungen und den kleineren Gräben größer als im Siel gehalten wird, steht das Wasser dann im Mündungsarm des Großen Sieltiefes am niedrigsten.

Die Staue sind meistens oder doch oft aus Holz gefertigt. Sie schließen gewöhnlich nicht oder nicht mehr dicht ab. Die dadurch entstehenden Verluste bilden einen der Faktoren, die die laufende Abnahme des Grabenwassers bewirken. Ist eine Auffüllung wieder notwendig, wird der Be- und Entwässerungszyklus wiederholt, im Jahre einige Male. Es sollen auch Kleinbezirke vorhanden sein, die mit der ersten Wasserfüllung im ganzen Sommer auskommen. Diese sind aber von uns dieses Mal nicht begangen worden.



Karte 2: Das Be- und Entwässerungssystem von Ellwürden

Die Karte 2 zeigt das Untersuchungsgebiet. Der Butjadinger Zuwässerungskanal zieht südnördlich. Wo er das westöstlich verlaufende Große Sieltief kreuzt, kann bei geöffneten Toren von ihm das Wasser einlaufen. Zunächst fließt es etwa 800 Meter westlich und dann nordwestlich und bewässert die Fluren südlich und nördlich von Ellwürden und Abbehausen in denen unsere Stationen I bis VII liegen.

Die andere Quelle der qualitativen Änderung des Wassers, die **Abwässer**, die von den Haus- und Viehhaltungen und den gewerblichen Betrieben kommen, fließen das ganze Jahr hindurch in die Gräben. Weil nun die Teile des Be- und Entwässerungssystems aus den mitgeteilten Gründen nicht alle gleichmäßig gereinigt oder am Be- und Entwässern teilnehmen, ist die Auswirkung der Abwässer, deren Quantität ohnehin noch Unterschiede schafft, verschieden.

Um eine Parallele zum Dobrockbach zu erhalten, wählten wir für diese Studie die Stationen I bis IV aus. Von ihnen zeigt die Station IV außergewöhnliche Verhältnisse. Wir unterteilten sie in IVa und IVb. Die letztere ist ein Grabenende, in das viele organische Verunreinigungen geleitet werden. Dieses Stück ist lange Zeit voll organischen Faulschlammes. Nur zeitweise ist dieser von dem eingeströmten Weserwasser bedeckt, und dann entwickelt sich hier noch eine reiche autotrophe Oberflächenvegetation, die bei abnehmendem Wasserstand den Detritus noch mehrt. IVa liegt am gleichen Wasserzuge, etwa 100 Meter davor.

Die hydrochemischen Daten für die Stationen I bis III sind in der Tabelle 6 wiedergegeben. Das Wasser jeder Station wurde viermal während des Jahres besucht. Von der Station IV liegen wegen zu starker Verschmutzung keine Werte vor.

	pH	t	Gelbstoff E/25 cm	Cl mg/l	$KMnO_4$ Verbrauch mg/l	O_2 %	NO_3—N γ/l
Station I							
20. 4. 1955	7,7	8,0	1335	325	109	133	690
2. 5. 1955	7,3	14,0	475	318	55	88	3400
4. 5. 1955	7,3	12,0	290	224	55	85	2490
15. 9. 1955	7,8	14,6	—	430	47	89	700
Station II							
20. 4. 1955	7,7	8,8	2050	362	143	82	690
2. 5. 1955	7,4	14,6	445	330	60	89	3400
4. 5. 1955	7,5	12,0	295	358	59	85	2940
15. 9. 1955	7,7	14,4	—	430	47	91	700
Station III							
20. 4. 1955	8,0	9,0	1940	408	137	100	230
2. 5. 1955	7,5	15,5	2475	339	266	45	680
15. 9. 1955	7,9	13,3	—	420	75	99	700

Tabelle 6: Hydrochemische Daten für die Stationen I—III des Be- und Entwässerungssystems bei Ellwürden.

Das pH mißt im westlichen Ufergürtel der Weser > 7,0; so ist es im ganzen Untersuchungsgebiet. Die kleinsten Schwankungen liegen im Großen Siel (Stat. I und II), die größten in den Grabenteilen, die sommerlich

starke Pflanzenentwicklung zeigten. — Die höchsten Gelbstoffwerte lagen nach der Winterruhe im Frühjahr. Nach der Zuwässerung sind sie stark gesunken; ebenso ist es mit der organischen Substanz (Spalte 6). Das gilt für die nördlich Ellwürdens gelegenen Gräben erst einige Tage später. Das eindringende Weserwasser schiebt gleichsam eine Wolke schlechten Wassers der Winterstagnation vor sich her. Dann verteilt es sich auf den mehrfach vergrößerten Wasserkörper, und damit wirkt sich die Zuwässerung auch auf die Grabenenden aus. Umgekehrt ist es mit dem NO_3-N. Er wächst mit der Zuwässerung zum Optimum und nimmt dann wieder ab. — Das Cl ist sehr niedrig. Der daraus errechnete Salzgehalt liegt zwischen 0,17 bis 0,79 ‰. Von einer Aussalzung durch das Weserwasser kann in diesem Jahr nicht gesprochen werden.

Die Zuwässerungszeiten für 1955 waren vom 2. bis 4. 5., 10. bis 18. 6., 11. bis 14. 7., 4. bis 6. 8., 28. bis 31. 8., 19. bis 21. 9. und 7. bis 10. 10. Unsere erste Begehung am 20. 4. lag also vor der ersten Zuwässerung, die zweite während und die dritte 15 Tage nach einer späteren Zuwässerung.

1. Die erste Begehung 20. 4. 1955.

Aus 26 Proben ergaben sich die folgenden Befunde:

Artenlisten	Stationen			
	I 6 Proben	II 8 Proben	III 5 Proben	IV b 7 Proben
Saprolegniaceae				
sexuelle Formen				
Saprolegnia ferax	2			
Saprolegnia mixta	1			
Aphanomyces laevis	1			
asexuelle Myzelien von				
Saprolegnieen	2	2		
Aphanomyces		1		
Pythiaceae				
sexuelle Formen				
Pythium monospermum	1			
Pythium inflatum			1	
asexuelle Formen und Myzelien				
Pythium proliferum	4			
Pythium monospermum		3		
Pythium mit fädigen Sporangien	6	5	2	
Pythium mit kugeligen Sporangien	6	4	2	2
Pythium pulchrum		5	4	
Pythium afertile				1
Pythium inflatum				2
Pythiogeton transversum		1	1	
Chytridiales et al.				
Rhizophidium pollinis pini	1			
Rhizophidium spec.	2	5	5	1
Olpidium luxurians	1	3	2	2
Olpidium pendulum	2	1	1	

Artenliste, Fortsetzung	Stationen I 6 Proben	II 8 Proben	III 5 Proben	IV b 7 Proben
Phlyctochytrium laterale	1	1		
Phlyctochytrium spec.	2	5	2	
Nowakowskiella elegans			1	1
Fungi imp.				
Fungi imp. spec.	4	3	3	4
Ascobolen		1		5
Fusarium spec.				1
Organismen des Illuvies				
Cladothrix dichotoma	5	7	4	3
Sphaerotilus natans	4	5	3	3
Zoogloea ramigera		1	2	4

		Station I		Station II		Station III		Station VIb	
		Befund.	%	Befund.	%	Befund.	%	Befund.	%
Saprolegniaceae	sexuell	4	8,9	—	—	—	—	—	—
	asexuell	2	4,4	3	5,7	—	—	—	—
Pythiaceae	sexuell	1	2,2	—	—	1	3,0	—	—
	asexuell	16	**35,6**	18	**34,0**	9	27,3	5	17,2
Chytridiales et al.		9	20,0	15	28,3	11	**33,3**	4	13,8
Fungi imp.		4	8,9	4	7,5	3	9,1	**10**	**34,5**
Organismen des Illuvies		9	20,0	13	24,5	9	27,3	10	**34,5**
		45	100,0	53	100,0	33	100,0	29	100,0

Tabelle 7: Die Prozentanteile der Organismengruppen an vier Stationen bei Ellwürden am 20. 4. 1955.

Vom Dobrock liegen keine Aprilbefunde vor, darum ist ein direkter Vergleich nicht möglich. Die Artenliste von dieser Aprilbegehung erscheint gegenüber den Drobrocklisten ärmer und der Schwerpunkt ist hier nach der verschmutzten Seite hin verschoben, d. h. die Pilze des reinen Wassers sind hier sehr zahlarm.

Sexuelle Saprolegnien wurden nur an der Station I gefangen und die asexuellen reichen nur bis zur Station II. Von den sexuellen Pythien wurden nur zwei Einzelfänge gemacht und die asexuellen Formen bilden mehr als zwei Drittel des Oomycetenbestandes an allen vier Stationen. Die *Fungi imp.* sind allenthalben aufgetreten und die Schmutzorganismen sind häufig.

Alle die genannten Pilze sind vom Dobrock her bekannt.

Dem Begehungstermin ging eine Zeit von etwa sechs Monaten voraus, während der keine Zuwässerung geschah. Die Ausbeute müßte darum eingespielte Verhältnisse der kühleren Jahreshälfte zum Ausdruck bringen. Die Abb. 5 zeigt auch eine stärkere Verschmutzung, als sie in den beiden

herbstlichen Begehungen des Dobrockbaches vorhanden ist. Das Auffällige ist aber doch, daß in den Abb. 1 und 4 und unserer jetzigen Abb. 5, die die Verhältnisse während der kälteren Jahreshälfte zeigen, der treppenhafte Aufstieg der Anteile in den Spektren von links nach rechts gelesen gemeinsam sind. Überraschend ist diese Erscheinung hier ausgebildet. Von den Organismengruppen der ersten Säule scheidet bei jeder folgenden eine am oberen Ende aus. Die drei unteren Gruppen (*Chytridiales, Fungi imp.* und Schmutzorganismen) steigen in ihren Anteilen in den ersten drei Spektren fast gleitend, nur der Schritt zur vierten Säule gleicht einem Sprung. Die *Fungi imp.* bewirken ihn.

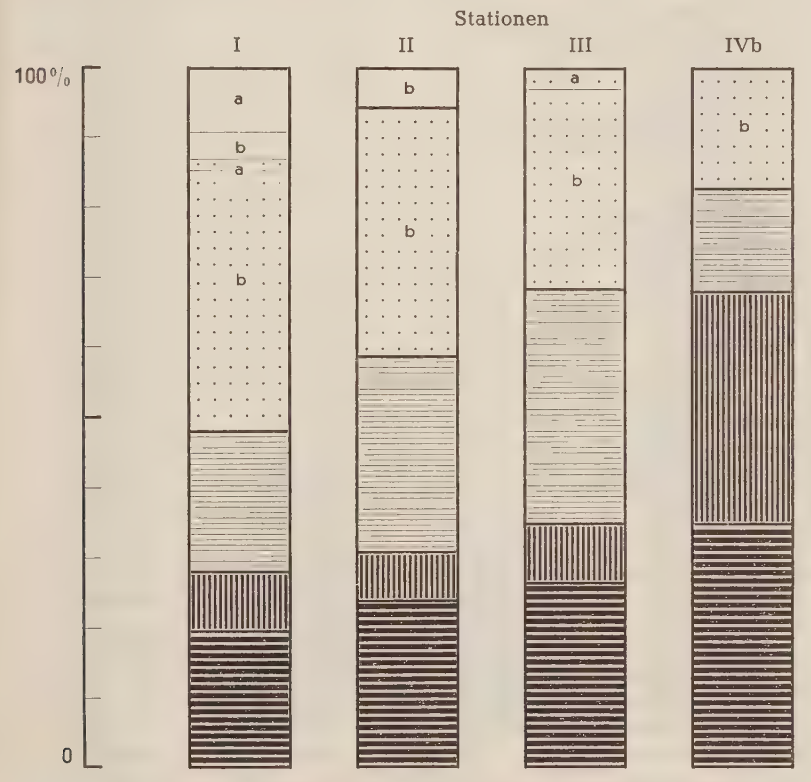


Abb. 5: Standortspektren aus dem Be- und Entwässerungssystem bei Ellwürden-Infeld für den 20. 4. 1955.

Die vier ausgewählten Stationen sind in der natürlichen Reihenfolge am Bewässerungssystem aufgeführt und bezeichnen auch in der Abb. 5 eine zunehmende Belastung.

2. Die zweite Begehung am 12. 7. 1955.

In den 16 Proben wurden die folgenden Befunde gemacht:

Artenlisten	Stationen I 4 Proben	Stationen II 4 Proben	Stationen IVb 8 Proben
Saprolegniaceae			
asexuelle Myzelien			
Saprolegnien	1		
Pythiaceae			
sexuelle Formen			
Pythium ultimum	3	3	
asexuelle Formen und Myzelien			
Pythium proliferum	1		
Pythium inflatum		1	
Pythium elongatum		2	
Pythium mit kugeligen Sporangien	1		
Pythium mit fädigen Sporangien		1	
Chytridiales et al.			
Chytridium spec.	2	2	
Rhizophidium globosum	1		1
Rhizophidium tranzschelii		1	
Phlyctochytrium spec. aff. hallii	1	1	
Olpidium pendulum		3	
Phlyctochytrium biporosum			1
Rhizophidium pollinis pini			1
Fungi imp.			
sterile Myzelien	3	4	3
Myzelien mit Konidien			4
Organismen des Illuvies			
Sphaerotilus natans	3		6
Cladothrix dichotoma	1	1	2
Chlamydothrix epiphytica		1	2
Zoogloea ramigera		1	5
Beggiatoa alba			1

		Station I		Station II		Station IVb	
		Befunde	%	Befunde	%	Befunde	%
Saprolegniaceae	sexuell	—	—	—	—	—	—
	asexuell	1	5,9	—	—	—	—
Pythiaceae	sexuell	3	17,6	3	14,3	—	—
	asexuell	2	11,8	4	19,0	—	—
Chytridiales et al.		4	**23,5**	7	**33,3**	3	11,5
Fungi imp.		3	17,6	4	19,0	7	26,9
Organismen des Illuvies		4	**23,5**	3	14,3	16	**61,5**
		17	99,9	21	99,9	26	99,9

Tabelle 8: Die Prozentanteile der Organismengruppen an drei Stationen bei Ellwürden am 12. 7. 1955.

Entgegen unserer Absicht fand diese Probenentnahme am zweiten von vier Zuwässerungstagen statt. Wir wollten sie in der Zeit der wiedereingespielten Verhältnisse nach der Zuwässerung ausführen. Dieser Termin war uns leider nicht mitgeteilt worden. Das einströmende Wasser stand am Begehungstag sehr hoch und erreichte fast das Weidenniveau. Die Entnahme der Proben vom Grunde begegnete darum bei der Station III solchen Schwierigkeiten, daß diese Schöpfstelle dieses Mal nicht berücksichtigt wurde. Artenliste und Abb. 6 beziehen sich darum auf die Stationen I, II und IVb.

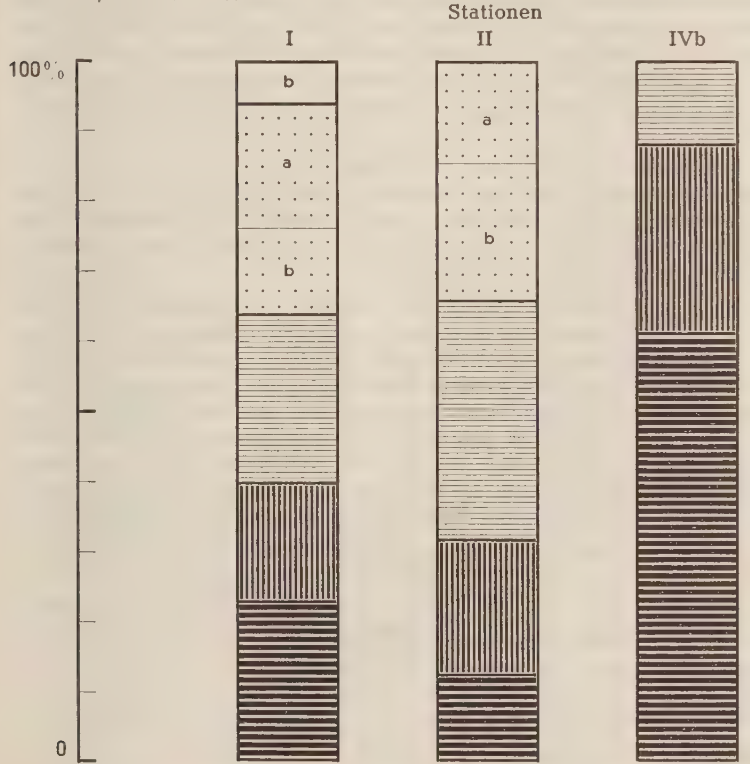


Abb. 6: Standortspektren aus dem Be- und Entwässerungssystem bei Ellwürden-Infeld für den 12. 7. 1955.

Die Artenliste ist noch ärmer geworden, verursacht durch die weiteren Einschränkungen bei den Saprolegnien und Pythien. Nur eine *Saprolegnia* wurde gefangen. Das einzige sexuelle *Pythium*, das in 6 von 8 Proben enthalten war, fehlte in der Aprilausbeute. Auch bei den asexuellen Formen trat eine fremde auf, *P. elongatum*. Alle anderen bekannten waren zugleich

Einzelfunde. Am Standort IVb fehlten alle Oomyceten. — Am artenreichsten blieben die *Chytridiales et al.* Von ihren sieben Formen waren fünf im April nicht vorhanden. — Die Schmutzorganismen hatten um zwei zugenommen, von denen nur die eine, *Chlamydothrix epiphytica*, relativ selten nachgewiesen wurde.

Obgleich die Befundzahlen niedrig lagen, wurden ihre Prozentanteile errechnet und sind in der Abb. 6 veranschaulicht.

Die schrittweise Abnahme der oberen Gruppen in den Säulen von links nacht rechts besteht noch, ist aber schwächer als im April. Im unteren Teile der Spektren verursacht das Spektrum für die Station II eine Störung. Die etwas höheren Befunde an *Chytridiales* und etwas niedrigeren an Schmutzorganismen bewirken vom ersten zum zweiten Spektrum eine Rückläufigkeit, die eine leichte Besserung des Wassers bei Station II anzudeuten imstande ist.

3. Die dritte Begehung am 15. 9. 1955.

Die letzte Bewässerung vor der Begehung fand vom 28. bis 31. 8. statt. Wenn eine vierzehntägige Ruhe eine Stabilisierung in der Pilzbesiedlung bewirken kann, mußte sie nach dem Beispiel aus dem Dobrock angenähert die Verhältnisse vom April widerspiegeln.

Die Artenliste und die Abb. 7 erfassen wieder vier Stationen. I, II und IVb sind wieder aufgenommen und dazu wird IVa gezählt, die mittwegs zwischen III und IVb liegt. Sie befindet sich im Ausfluß von Küchenabwässern. Wasser ist an dieser Stelle wohl immer genügend vorhanden; es stagniert aber bis auf die kurzen Zeitspannen der Be- und Entwässerung. Der Einbau dieser Station geschah, um die Zusammensetzung der Pilzflora in Haushaltsabwässern mit der der Station IVb zu kontrastieren, die neben Haushaltsabwässern noch eine deutlich spürbare Einleitung von den gewerblichen Abwässern einer Schlachterei hat. Sie ist noch viel belasteter als IVa.

Aus 19 Proben ergaben sich die folgenden Befunde:

Artenliste	Stationen			
	I 4 Proben	II 6 Proben	IVa 3 Proben	IVb 6 Proben
Saprolegniaceae				
sexuelle Formen				
Aplanopsis terrestris		1		
Pythiaceae				
sexuelle Formen				
Pythium debaryanum	2			
Pythium inflatum	1	1		
Pythium monospermum	1	1		
Pythium irregulare		1		
Pythium carolinianum		1		
Pythium proliferum		1		
asexuelle Formen und Myzelien				
Pythium proliferum	2			
Pythium elongatum	1	4	1	

Artenliste, Fortsetzung	Stationen I 4 Proben	II 6 Proben	IV a 3 Proben	IV b 6 Proben
Pythium pulchrum	2			
Pythium spec. kugelige Sporangien	1	3	2	
Pythium spec. fädige Sporangien	2			
Pythium inflatum		1		
Phytophthora spec.		1		
Chytridiales et al.				
Olpidium pendulum	2	3		
Olpidium luxurians			1	1
Rhizophidium globosum	2	4	2	2
Rhizophid. sphaerotheca		5	2	1
Rhizophid. biprosum		3		1
Rhizophid. mammillatum			1	1
Rhizophid. spec. aff. gibbosum			1	2
Phlyctochytrium spec. aff. vernale	1			
Phlyctochytrium equale	1	4	2	2
Phlyctoch. spec. aff. hallii	2	4		2
Phlyctochytrium laterale			1	1
Asterophlyctis spec.		2	1	
Nowakowskiella elegans		2		
Megachytrium (?)		1		
Phlyctidium spec.		2		
Synchytrium spec.			1	1
Rhizidium ramosum				1
Chytridium spec.				1
Fungi imp.				
sterile Myzelien	6	6	4	8
Ascobolus spec.			1	1
Myzelien mit Kugelkonidien				3
Organismen des Illuvies				
Zoogloea ramigera	1	4	3	5
Cladothrix dichotoma	2	6	2	3
Sphaerothilus natans			2	
Beggiatoa leptomitiformis			1	1
Beggiatoa alba			1	

		Station I		Station II		Station IIa		Station IVb	
		Befund.	%	Befund.	%	Befund.	%	Befund.	%
Saprolegniaceae	sexuell	—	—	1	1,6	—	—	—	—
	asexuell	—	—	—	—	—	—	—	—
Pythiaceae	sexuell	4	**13,8**	5	8,2	—	—	—	—
	asexuell	8	**27,6**	9	14,8	3	10,3	—	—
Chytridiales et al.		8	27,6	30	**49,2**	12	**41,4**	16	**43,2**
Fungi imp.		6	20,7	6	9,8	5	17,2	12	32,4
Organismen des Illuvies		3	10,3	10	16,4	9	31,0	9	24,3
		29	100,0	61	100,0	29	99,9	37	99,9

Tabelle 9: Die Prozentanteile der Organismengruppen an vier Stationen bei Ellwürden am 15. 9. 1955.

Die Artenliste ist reichhaltiger geworden. — Die einzige gefangene Saprolegnie, *Aplanopsis terrestris*, ist eine Bewohnerin der Weiden; sie ist am Grunde der tieferen Wasserläufe ein Zufallsfund. — Alle Oomycetenfunde bis auf drei lagen bei den beiden ersten Stationen; es ist das dem Juli ähnliche Bild. Damit ist die Sonderstellung der beiden stark belasteten Standorte IVa und IVb bezeichnet.

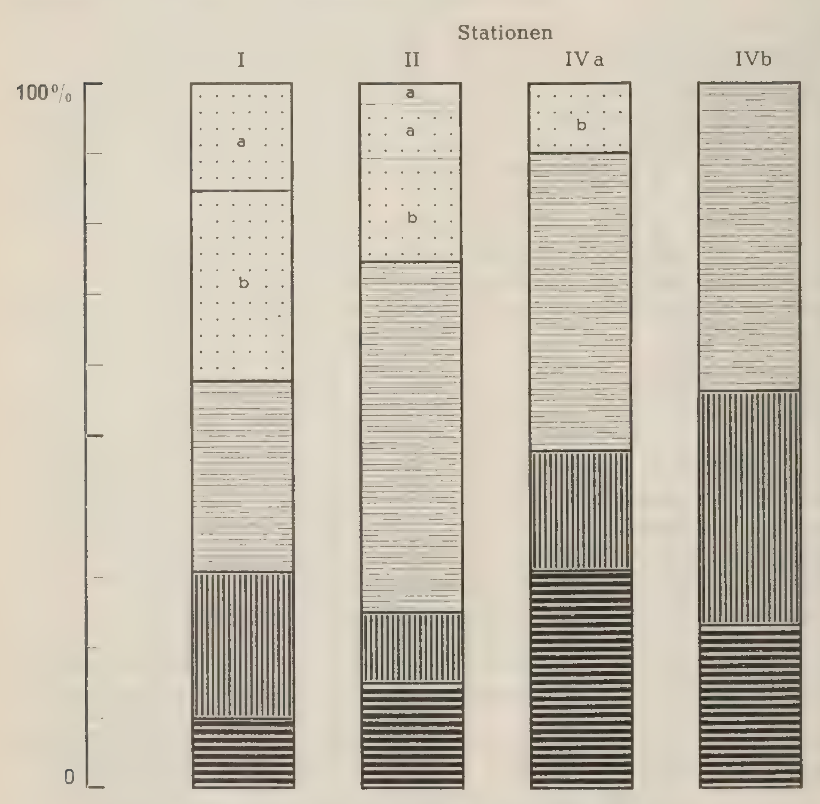


Abb. 7: Standortspektren aus dem B- und Entwässerungssystem bei Ellwürden-Infeld für den 15. 9. 1955.

Die Proben von den Standorten I und II unterscheiden sich durch ihre Ergiebigkeit, 29 bzw. 61 Befunde. Der Unterschied wurde im wesentlichen hervorgerufen durch den Reichtum an *Chytridiales* und die höhere Zahl an Schmutzorganismen bei II. Die *Chytridiales* sind weit weniger empfindlich gegen die hier vorliegende Verschmutzung durch organische Abwässer und

absinkende Wasserblüte als die Oomyceten. Der Artenreichtum bei Station II wurde an keiner anderen Schöpfstelle in diesem Gebiet wieder erreicht. Eine spezifische Ursache ist dafür nicht gefunden worden. Die hydrochemischen Daten geben auch keinen Anhalt dafür. Es können aber die folgenden allgemeinen Überlegungen mitbestimmend sein. Im Herbst erhielten wir auch anderen Orts eine erhöhte systematische Ausbeute; die Jahreszeit kann ein Grund sein. Ein anderer Faktor mag an dem Standort zu dieser Zeit mitwirken. Die Proben wurden nämlich beidseitig an einem hölzernen Wehr genommen, bei dem durch Spalten und Ritze Wasser sprudelte. Die Hälfte der Proben, die direkt unterhalb des kleinen Wasserfalles genommen wurden, enthielten auch mehr Chytridiaceen als die oberhalb gezogenen.

Die stärkere Verdünnung bei der Station IVa wirkt sich für den Nachweis mehrerer Formen der Schmutzorganismen günstig aus. Bei IVb sind sie zu dieser Zeit in der Entfaltung gehemmt, dafür ließen sich an der Oberfläche und am Rande des Faulschwamms häufig *Fungi imp.* nachweisen. Die Spektren und die Abb. 7, in der natürlichen Reihenfolge gegeben, veranschaulichen deutlich von links nach rechts die starke Zunahme der Verschmutzung. Es besteht eine Ähnlichkeit mit der Aprilaufnahme. Es besteht auch Grund zur Annahme, daß eine weitere Angleichung im kühleren Herbst erfolgen kann.

5. Betrachtung der Ergebnisse von Ellwürden

Die wenigen gefundenen Saprolegnien (außer *Aplanopsis*) sind Formen des strömenden Wassers, die meistens auch im Unterlauf der Weser gefunden werden, und die genannten Pyhtien sind in unseren limnischen Bezirken häufig. Auch die Menge der *Chytridiales* ist uns vom Dobrock her bekannt. Nur zwei, *Rhizophidium tranzschelii* und *Rhizidium ramosum,* sind hier neu. Sie waren aber Einzelfunde und können darum nicht als standörtliche Kriterien gewertet werden.

Die beiden untersuchten Wasserläufe beginnen jeweils im relativ reinen und führen bis ins stark schmutzbelastete Wasser. Der Dobrockbach ist dabei bevorzugt; er beginnt mit dem klaren Quellwasser. Die Wasserzüge bei Ellwürden beginnen mit dem unreineren Weserwasser und führen bis in den dichten, dicken Faulschlamm. Das geeignetere Objekt für die Erstuntersuchung ist der Dobrockbach. Mit den Ergebnissen von dort ließen sich die Abstufungen hier leicht erkennen.

Die anfangs befürchtete sommerliche Störung durch die wiederholten Zuwässerungen ist nur in recht geringem Maße eingetreten. Das dürfte wohl so aufzufassen sein, daß die pilzliche Bodenbesiedlung in den Wasserläufen dadurch nicht wesentlich verändert wird. Darum ist es möglich, die im Dobrockbach beobachteten jahreszeitlichen Unterschiede auch hier aufzuzeigen.

Schlußbetrachtung und Zusammenfassung

Im verflossenen Jahre wurden von uns 626 Proben eingebracht und für die hier dargelegte Auswertung analysiert. 157 Proben davon kamen aus dem Dobrockbach und 61 aus dem Be- und Entwässerungssystem bei Ellwürden. Für die Darstellung der aufgefundenen Beziehungen zwischen dem Verschmutzungsgrad eines Wasserlaufes und der Mykoflora eigneten sich die Abschnitte des Dobrockbaches am besten. Die Anwendbarkeit der Ergebnisse wird dann an den Wasserzügen bei Ellwürden nachgewiesen. Die Analysen der in dieser Arbeit nicht herangezogenen weiteren 408 Proben sagen unter Berücksichtigung ihrer besonderen Standortfaktoren gleichsinniges oder ähnliches.

Die Besiedelung am submersen Standort ist die Resultante aus vielen Faktoren, die sowohl im Innern der Organismen als auch in der Umwelt wurzeln. Die inneren Faktoren bestimmen das Maß der Anpassungsfähigkeit der Art oder Rasse und die äußeren beeinflussen deren Verbreitung, die Propagationsziffer, die Dichte und damit ihre ökologische Leistung am Ort.

Hier ist die Wirkung der natürlichen Verunreinigungen und der Abwässer (nicht Industriewässer) auf die Zusammensetzung der Mykoflora an ausgewählten Standorten aufgezeigt worden.

Die Untersuchung ging von der Annahme aus, daß die merklich zunehmende Verschmutzung in einem Wasserlauf von einer Sukzession verschieden angepaßter saprophytischer, heterotropher Organismen begleitet ist. Nach diesem Gesichtspunkt wurden die beiden Wasserläufe und die Lage der vier bzw. drei Standorte an jedem von ihnen ausgewählt. An diesen Stellen schöpften wir vom Bett des Laufes Bodenproben zu verschiedenen Jahreszeiten.

Die Tatsache, daß der submerse Boden viele Pilze birgt, war uns aus unseren früheren Arbeiten bekannt. Sie wurden mit entsprechenden Substraten aus der Bodenprobe in der Petrischale geködert. Um den Reichtum dieser Flora zu zeigen, berücksichtigten wir bei der Analyse nicht nur die bekannten „Wasserpilze" *(Oomycetes* und *Chytridiales et. al.)*, sondern auch die höheren Pilze (überwiegend *Fungi imp.*) und die Bakterien des Schmutzes.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung waren systematischer und ökologischer Art. Wir fertigten die Artenlisten an und errechneten aus den Befundzahlen die Zusammensetzung der Standortflora aus den Organismengruppen: *Saprolegniaceae* (sexuelle und asexuelle Formen und Myzelien), *Pythiaceae* (sexuelle und asexuelle), *Chytridiales et al., Fungi imp.* und Organismen des Illuvies. Die Zusammensetzung der Standortflora veranschaulichen die Spektren (Abb. 1—7).

In ökologischer Hinsicht ergaben sich einige bemerkenswerte Erfahrungen.

Die Spektren ökologisch unterschiedlicher Standorte sind auch verschieden und die Spektren physiologisch ähnlicher Standorte zeigen in den Anteilen der Organismengruppen betonte Ähnlichkeit. Beispiele enthalten die Abb. 1—7.

Der allmähliche Übergang vom Klarwasser zum stark belasteten Saprobium wird parallelisiert von gleitenden Änderungen in den Spektren zweckmäßig gewählter Standorte. Im Klarwasser sind die Saprolegnien, besonders die sexuellen Formen, häufig. Ihre Artenzahl und Dichte verschwindet mit zunehmender Verschmutzung. Pythien verhalten sich ähnlich, nur zeigten sie sich als bemerkenswert toleranter gegenüber dem Schmutzfaktor. Sie fehlen erst bei stark mesosaproben Belastungen im Spektrum. Noch anpassungsfähiger sind die Formen der *Chytridiales et al.* Eine kleine Auswahl von ihnen wurde selbst im Faulschlamm noch nachgewiesen. Eine überraschende Tatsache war die Häufigkeit der *Fungi imp.* in stärker bis stärkst saproben Milieus. Sie haben hier eine ökologische Leistung zu vollziehen; erwiesenermaßen auch dann noch, wenn die Fadenbakterien des Illuvies schon in ihrer Entfaltung gehemmt sind.

Die Spektren des gleichen Standortes sind jahreszeitlich verschieden. Die des Frühjahres und Herbstes sind miteinander ähnlicher als jene des warmen Sommers. Das erlaubt den Schluß, daß für die Pilzbesiedlung am Ort ein Jahreszyklus besteht. Er wurde an allen Stationen nachgewiesen.

Die Artenlisten der *Saprolegniaceae*, besonders für die sexuellen Formen, waren im späteren Frühjahr am reichsten. Eine Ursache dafür war im Dobrockbach der Umstand, daß die uferbewohnenden Formen bei sinkendem Wasservolumen in das Bachbett abwärts wanderten. Auf einen ähnlichen Fall wies ich schon 1934 hin.

Die günstigste Zeit für die sexuellen Pythien waren die warmen Monate. Im kühlen Herbst und ersten Frühjahr dominierten die asexuellen Formen und Myzelien.

Ähnlich den Pythien verhielten sich die *Chytridiales et al.* Die Fänge im Sommer zeigten an den Pinuspollen eine relativ reiche systematische Ausbeute.

Die *Fungi imp.* sind wohl allzeit vorhanden, traten aber im Hochsommer und im Herbst am meisten in Erscheinung. Über ihr Vorkommen in verschmutzten Gewässern berichtete kürzlich Cooke, 1954. Sie sind nach unseren Erfahrungen in allen Wasserläufen vorhanden, besonders aber in den stark verschmutzten Teilen.

Die Literatur über die Organismen des Illuvies ist schon reich an Beobachtungen, Bearbeitungen und experimentellen Ergebnissen. Sie wurden in unsere Betrachtungen nur einbezogen, um durch sie Anlehnung an das Saprobiensystem zu gewinnen.

Nur eine der vielen festgestellten Arten ließ mit Wahrscheinlichkeit eine Peridiozität erkennen. Das ist *Pythiopsis cymosa.* Sie trat im Quellbach im Dobrock auf, dominierte sogar im Oktober/November und wurde sommers, im Juni und August, nicht nachgewiesen.

Unsere mykologischen Arbeiten im Abwasser haben zu einer Skala von Spektren geführt, die uns bei Berücksichtigung der besonderen Verhältnisse im Wasserlauf und den Gegebenheiten am Ort der Probenentnahme eine Beurteilung des Gütezustandes des Wassers erlauben. Die Hydromykologie kann einen Beitrag zur biologischen Wasseranalyse liefern. Vielleicht kann noch die Methode der Köderung varriiert werden. Vielleicht kann später auch die Beschränkung auf eine Anzahl bestimmter Vertreter jeder Gruppe empfohlen werden. Ratschläge über solche Verfahrensfragen können wohl die noch laufenden Arbeiten bringen.

Anschrift des Verfassers:
Dr. W. Höhnk, Institut für Meeresforschung, Bremerhaven-G.

Literaturverzeichnis

CANTER, H. M., Annoted List of British aquatic Chytrids. Trans. British Mycolog. Soc. **36:** 278—303, 1953.

COKER, W. C., The Saprolegniaceae. Chapel Hill, 1923.

COOKE, W. B., Stream pollution fungi in polluted water and sewage. I—III, Sewage and industrial wastes. **26:** 539—549, 661—674, 970—794.

DELITSCH, H., Systematik der Schimmelpilze. Neudamm, 1943.

HARVEY, J. V., Relationship of aquatic fungi to water pollution. Sewage and industrial wastes. **24,** 1952 (angeführt bei Cooke; Original nicht geseheen).

HÖHNK, W., Saprolegniales und Monoblepharidales aus der Umgebung Bremens. Abh. Nat. Ver. Bremen **29:** 207—237, 1934.
— Studien zur Brack- und Seewassermykologie I—V, Veröff. Inst. f. Meeresforschung, Bremerhaven **1—3,** 1952/55.
— Die in Nordwestdeutschland gefundenen ufer- und bodenbewohnenden Saprolegniaceae. Veröff. Inst. f. Meeresforschung in Bremerhaven **1:** 52—90, 1952.
— und K. J. BOCK. Ein Beitrag zur Ökologie der saphrophytischen Wasserpilze. Veröff. Inst. f. Meeresforschung, Bremerhaven, **3:** 9—26, 1954.

JOHANNES, H., Die Gattung Cladolegnia Joh., gen. nov. (Isoachlya Kauffman) der Saprolegniaceae Nees. Feddes Repertorium **58:** 209—220.

KOLKWITZ, R. und M. MARSON. Ökologie der pflanzlichen Saprobien. Ber. Deutsch. Bot. Ges. **26a,** 1908.
— Schizomycetes. Kryptogamenflora Mark Brandenburg, **5:** 2—167, 1914.
— Ökologie der Saprobien. Schriftenreihe d. Ver. f. Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin-Dahlem. Stuttgart, 1950.

LIEBMANN, H., Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie, München, 1951.

MATTHEWS, V. D., Studies on the genus Pythium. Chapel Hill, 1931.

METZ, C., Mikroskopische Wasseranalyse. Berlin 1898.

MIDDLETON, J. T., The taxonomy, host range and geographic distribution of the genus Pythium. Mem. Torrey Botan. Club **20:** 1—171, 1943.

SPARROW, F. K., Aquatic Phycomycetes. Ann. Arbor, 1943.

Eine Aspergillacee (Fungi, Ascomycetes, Plectascales) als Endoparasit bei Süßwasserfischen

Von Heinz-Hermann Reichenbach-Klinke

Mit 1 Tafel

Vor einiger Zeit konnten vom Verfasser aus den inneren Organen verschiedener im Lebendzustand fixierter tropischer Süßwasserfische noch unbekannte Pilze isoliert werden, die auf Grund der aufgefundenen Entwicklungsstadien vorläufig als Formen von bisher undeterminierbaren Hyphomyceten *(Fungi imperfecti)* angesprochen werden mußten (H. Reichenbach-Klinke 1956). Die Parasiten waren nur in fixiertem Zustand vorhanden und wurden bei der histologischen Bearbeitung der betreffenden Fische entdeckt. Infolgedessen war eine Kultur der fraglichen Pilze bisher noch nicht möglich. Erst jetzt konnten in den inneren Organen tropischer Süßwasserfische durch einen Zufall exogene Fruchtformen derartiger Parasiten aufgefunden werden, die eine systematische Zuordnung zu den Aspergillaceen ermöglichen.

Die befallenen Fische — Harnischwelse der südamerikanischen Art *Loricaria parva* Boulenger (Familie *Loricariidae*) — wiesen an der Bauchseite große Hautwunden auf, die bis in die Leibeshöhle reichten; auf diese Weise kam es zu einem teilweisen Freiliegen innerer Organe. Die Tiere wurden lebend fixiert, und bei der mikroskopischen Untersuchung zeigten sich die erwähnten Pilze in reifenden Eiern der Fische. Nur dem Offenliegen der Leibeshöhle ist es offenbar zu verdanken, daß es zur Entwicklung der exogenen Fruchtformen kam. Mit der Entstehung der wunden Hautpartien haben die Pilze jedoch nichts zu tun, hierfür konnte keine direkte Ursache gefunden werden. Da das Becken turbellarienverseucht war, kann eine sekundäre Mitwirkung von Strudelwürmern hierbei nicht ausgeschlossen werden. Derartige Beobachtungen über das Festsetzen solcher Würmer an manchen Bodenfischen konnten von mir wiederholt gemacht werden (H. Reichenbach-Klinke 1954).

Die in Frage stehende Pilzart wurde in *Loricaria parva* wie beschrieben nur in den am stärksten herangereiften Eiern gefunden, und zwar innerhalb der Dotterkugeln, während die Traghyphen die Eihülle durchbrochen hatten, so daß die Fruchtkörper mit den Conidien außerhalb der Eier zu liegen kamen.

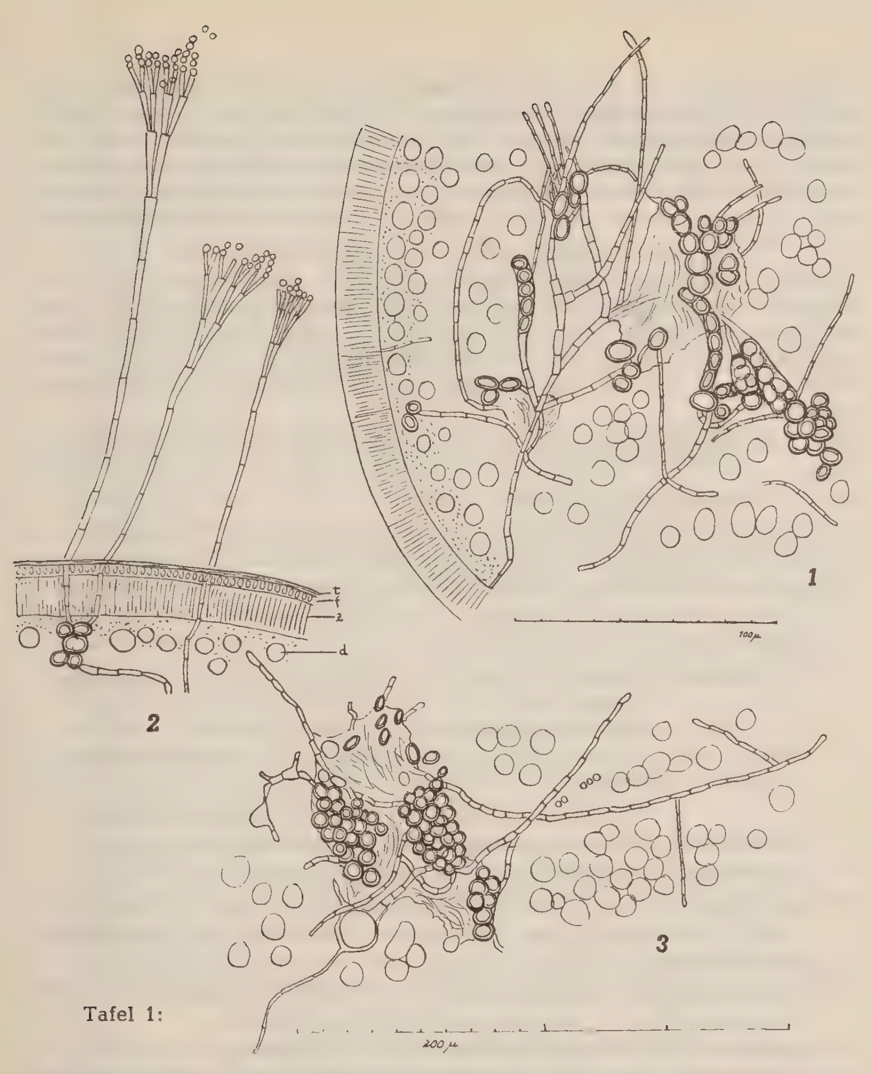
Über den Parasiten konnten folgende Beobachtungen gemacht werden: Das Myzel stellt ein Geflecht septierter Hyphen dar, die 2—3 μ breit und hyalin sind. Im Verlauf der Hyphen kommen gelegentlich sklerotisierte Zellen vor. An ihrem Ende treten — teilweise in Hüllen, teilweise frei — Ketten länglicher Sporen und Chlamydosporen auf. Die beiden Sporenarten besitzen eine dicke braune Schale. Die länglichen Sporen sind ovoid

und zeigen im Innern vielfach eine Zweiteilung; ihre Länge schwankt zwischen 6 und 10 μ, ihre Breite zwischen 4 und 6 μ. Die Chlamydosporen sind dagegen kugelig und haben einen Durchmesser von 6—10 μ. Die meisten der Geflechte wurden zwischen den Dotterkugeln in der Nähe der Zona radiata der heranreifenden Eier beobachtet. Nur wenige Hyphen waren durch diese Eizone, das anschließende Follikelepithel und die Theca hindurchgedrungen und als Traghyphen in die freie Leibeshöhle des Fisches gelangt (Abb. 2). Die 100—200 μ langen Traghyphen verzweigten sich an ihrem Ende einfach und wiesen die Metulae mit den insgesamt acht Phialiden auf, wie sie für *Penicillium* charakteristisch sind. An ihrem Ende ließen sich kugelige exogene Conidien von 1,6—2 μ Durchmesser beobachten, die in Ketten aneinandersitzen. Irgendwelche Geschlechtsvorgänge wurden in den Präparaten mit Sicherheit nicht gefunden, wie denn ja überhaupt innerhalb der *Penicillium*-Gruppe eine Reduktion der Sexualität stattfindet.

Auffallend schien an anderen Stellen eine gelegentliche Auftreibung von Hyphenzellen (Abb. 3). Es besteht die Möglichkeit, daß es sich um junge Asci handelt. In der Tat deutet die Anordnung der ovoiden Sporen darauf hin, daß dies die Ascosporen sind. Darauf weist auch die Verbindung der ascogenen Hyphen mit einem pseudoparenchymatischen Geflecht, wie es in den Abbildungen 2 und 3 zu erkennen ist. Abb. 1 zeigt in der Häufung und konzentrischen Anordnung der Hyphen um pseudoparenchymatische Pilzteile den Beginn der Fruchtkörperbildung. Diese letztere und der gleichfalls erkennbare Zerfall der Asci charakterisieren den Parasiten als Art der Plectascales. Von den beiden in Frage stehenden Familien der Gymnoascaceen und Aspergillaceen kommt trotz der gering entwickelten Hüllschicht — dem überhaupt unterentwickelten Fruchtkörper — nur letztere in Betracht, da das für Gymnoascaceen typische lockere Hyphengeflecht fehlt, die für Aspergillaceen kennzeichnende Bildung von Hüllhyphen aber deutlich vorhanden ist (Abb. 1 und 3). Eine Kulturbeobachtung auf entsprechenden Nährböden war leider nicht möglich, da es sich um fixiertes Material handelte.

In dem gleichen Wasserbecken befindliche *Neolebias ansorgi* Boulenger (Familie *Citharinidae*) wiesen die gleichen Parasiten am Dach der Leibeshöhle auf. Hier waren jedoch nur Hyphen und Sporen (Ascosporen und Chlamydosporen) zu beobachten, keine exogenen Fruchtkörper; die Leibeshöhle war bei diesen Tieren unverletzt. Die gleiche Umwelt und die Vergesellschaftung mit den *Loricaria parva* zwingt zu der Annahme, beide Pilzformen gehörten der gleichen Art an. Aus diesem Grunde dürften auch die in der 1956 erfolgten vorläufigen Veröffentlichung als „Pilzform a" bezeichneten Hyphomyceten angesichts der morphologischen Übereinstimmung mit dem neuen Parasiten identisch sein.

Außer diesem vom Verfasser als „Pilzform a" bezeichneten Parasiten ähnelt der Pilz so auffallend dem von M. Plehn 1916 neu beschriebenen „*Nephromyces piscium*", daß an der Identität nicht zu zweifeln ist. Da



Tafel 1:

Abb. 1: *Penicillium piscium* (PLEHN). Endogene ascogene und Nährhyphen mit Ascosporen und Chlamydosporen. Parasiten zwischen den Dotterkugeln eines reifenden Eis von *Loricaria parva* Boulenger, links Eihülle.

Abb. 2: *Penicillium piscium* (PLEHN). Exogene Fruktifikation des Parasiten aus Abb. 1 mit Konidienentwicklung.
d: Dotterkugeln, f: Follikelepithel, t: Theca, z: Zona radiata des Eis.

Abb. 3: *Penicillium piscium* (PLEHN). Pseudoparenchymatisches Geflecht, ascogene Hyphen, Ascosporen und Clamydosporenbildung im Ei von *Loricaria parva* Boul.

überdies die Art in der Originalbeschreibung unvollständig beschrieben ist, soll zur Vermeidung verwirrender Neuschaffung von Namen die Bezeichnung übernommen werden unter gleichzeitiger Ergänzung der Diagnose. Von den übrigen aus der Literatur bekannten endoparasitischen Pilzen bei Fischen besteht — soweit Stadien hiervon beobachtet — Ähnlichkeit noch mit einem von M. Verdun 1903 aus der Niere des Karpfens (*Cyprinus carpio* L.) isolierten, nicht näher bezeichneten Pilz.

Die Morphologie und Wachstumweise stellt die Art innerhalb der Aspergillaceen in die Gattung *Penicillium*. Da sie jedoch mit der von M. Plehn 1916 in der Niere von *Carassius carassius* L. aufgefundenen Pilzart identisch sein dürfte, wenn auch die exogene Fruchtform damals nicht beobachtet werden konnte, muß sie den Namen *Penicillium piscium* (Plehn) erhalten.

Die bisherigen Beobachtungen lassen sich also wie folgt zusammenfassen:

Penicillium piscium (Plehn 1916)

(Syn. *Nephromyces piscium* Plehn 1916, undeterminierte Pilzform von M. Verdun 1903, „Pilzform a" von H. Reichenbach-Klinke 1956)

Vorkommen: In inneren Organen von Süßwasserfischen.

Bisher beobachtet in reifenden Eiern, Bindegewebe, der Leibeshöhle, Herzmuskulatur, Niere von

Cyprinidae: *Carassius carassius* L. (M. Plehn 1916, H. Reichenbach-Klinke 1956),
Cyprinus carpio L. (M. Verdun 1903),

Characidae: *Hyphessobrycon innesi* Myers (H. Reichenbach-Klinke 1956),
H. rosaceus Durbin (H. Reichenbach-Klinke 1956),

Citharinidae: *Neolebias ansorgi* Boulenger (Neufund),

Loricariidae: *Loricaria parva* Boulenger (Neufund).

Diagnose: Eine Art der Gattung *Penicillium* (Familie *Aspergillaceae*, Ordnung *Plectascales*, Klasse *Ascomycetes* der *Fungi*) mit folgenden Besonderheiten:

Exogene Hyphen hyalin, septiert, 2 μ breit, mit exogene Conidien (kugelig, 1,6—2 μ Durchmesser) tragenden Phialiden;
endogene Hyphen hyalin, septiert, 2—3 μ breit;
ascogene Hyphen mit Ascosporen (ovoid, meist zweiteilig, 4—6 × 6—10 μ Umfang, braun) und kugeligen, dickschaligen, braunen Chlamydosporen (6—10 μ Durchmesser), pseudoparenchymatische Geflechte und Nährhyphen; endogene Hyphen oftmals mit sklerotisierten Zellen. Asci früh zerfallend, Fruchtkörper und Peridie meist kaum entwickelt.

Die Geschlechtsvorgänge scheinen außerordentlich reduziert; es konnten bisher keinerlei Kopulationsäste beobachtet werden.

Die fragliche Aspergillaceen-Art gehört angesichts der Gestalt der exogenen Konidienträger und der Art der Konidienbildung in die Gattung *Penicillium*. Es müssen jedoch erst weitere Untersuchungen erfolgen, ehe entschieden werden kann, welcher Gruppe von *Penicillium*-Arten sie zuzuordnen ist. Charakteristisch ist die kaum vorhandene Bildung von Fruchtkörper und Peridie.

Penicillium piscium (PLEHN) emend H. REICHENBACH-KLINKE:

> *Mycelium parasite in piscibus. Hyphae intrariae hyalinae, sepositae, 2 μ latae, romosae; hyphae extrariae cum sporis supra phialidia, globosa, 1,6—2 μ diam.; hyphae intrariae cum ascosporis ovalis divisisque in partes duas, 4 × 6—6 × 10 μ diam., et chlamydosporis, 6—10 μ diam. Habitat: In aqua dulce.*

Eine gewisse Ähnlichkeit besteht noch mit einigen anderen in Fischen beobachteten Pilzen, so mit folgenden undeterminierten Spezies:

1. Unseptierte Fäden, 1—2 μ breit, aus der Haut von *Salmo trutta* L. (O. KAHLS 1930).
2. Verzweigtes septiertes Myzel, 3 μ breit, aus dem Pseudotumor der Subcutis (Sarcom lymphoblastique) von *Aphanius fasciatus* (Val.) (J. MONTPELLIER et R. DIEUZEIDE 1933).
3. Verzweigtes septiertes Myzel, 2 μ breit, mit intercalaren Chlamydosporen aus der Riesenzelle eines Abdominaltumors von *Phoxinus phoxinus* L. (H. HARANT et. P. VERNIÈRES 1933).
4. Septierte Fäden, 1,2—2,5 μ breit, aus bindegewebigem Granulom von *Aphanius chantrei* Gaillard (R. ERMIN 1952).
5. Verzweigtes, septiertes Myzel aus dem Kopfgranulom eines *Salmo spec.* (R. WALKER 1951).
6. Septierte Fäden, meist stark sklerotisier, 2—4 μ breit, mit kugeligen Chlamydosporen, intrazellulär aus Epidermis und Muskulatur von *Xiphophorus helleri* (Heckel) („Pilzform c" H. REICHENBACH-KLINKE 1956).

Die Unterschiede der oben genannten Pilzstadien zu denen, die einwandfrei als Aspergillaceen bezeichnet werden müssen, sind rein ökologischer Natur.

Während *Penicillium piscium* in den erwähnten Fällen stets interzellulär oder frei in der Leibeshöhle beobachtet wurde, sind die unter 2. bis 6. genannten parasitischen Pilze ausnahmslos in Tumoren, dabei mehr oder weniger intrazellulär, gefunden worden. Über Nr. 1 liegen zu wenig Anhaltspunkte vor. Es bedarf also noch weiterer Untersuchungen, ob die in Frage stehende fischpathogene Aspergillaceen-Art unter bestimmten Voraussetzungen zu einem ausgesprochenen Zellschmarotzer mit hypertrophieerzeugenden Eigenschaften wird, oder ob es sich um eine andere, eventuell verwandte Art handelt. Wenn hiermit das Vorkommen von Aspergillaceen

in Fischen erstmals nachgewiesen ist, so besteht durchaus die Möglichkeit, daß auch jene, jetzt noch fraglichen, „Hyphomyceten“ bzw. undeterminierte Arten dieser systematischen Gruppe angehören. Es ist zu hoffen, daß bei weiterem Anfall dieser fischpathogenen Pilze durch geeignete Kulturen und Überimpfungen auch in diesen Fragen weitere Erkenntnisse gewonnen werden können.

Anschrift des Verfassers:
Dr. K.-H. Reichenbach-Klinke,
Zoologisches Institut der Technischen Hochschule, Braunschweig.

Literatur

DODGE, C. W. — 1935 — Medical Mycology. St. Louis.

ERMIN, R. — 1952 — Fungus associated with a Granuloma in a Turkish Fish, *Aphanius chantrei* Gaillard. Zoologica 37, p. 43—54.

HARANT, H. et P. VERMIÈRES — 1933 Tumeur abdominale et complexe parasitaire chez la vairon (*Phoxinus phoxinus* L.) Arch. Zool. exp. 75, p. 255—266.

KAHLS, O. — 1930 — Über das Vorkommen von Algen und Pilzen bei Fischen. Z. f. Fischerei 28, p. 253—262.

MONTPELLIER, J, et R. DIEUZEIDE — 1933 — Pseudo-Tumeur mycélienne chez un Poisson (*Cyprinodon fasciatus* Val.), Bull. Trav. Stat. Aquic. et de Pêche de Castiglione 1932, I, p. 551—557.

PLEHN, M. — 1916 — Pathogene Schimmelpilze in der Fischniere. Z. f. Fischerei 18, p. 51—54.

REICHENBACH-KLINKE, H. — 1954 — Strudelwürmer als Schädlinge in Aquarien. Die Aqua.Terr.Z. 7, p. 37—40.

— — 1955 — Pilze in Tumoren bei Fischen. Verh. Deutsch. Zool. Ges. Tübingen 1954, p. 351—357.

— — 1956 — Über einige bisher unbekannte Hyphomyceten bei verschiedenen Süßwasser- und Meeresfischen. Mycopathologia et Mycologia applicata 9.

SCHÄPERCLAUS, W. — 1954 — Fischkrankheiten. 3. Aufl. Berlin.

SIMONS, R. D. G. P. — 1954 — Medical Mycology. London.

VERDUN, M. — 1903 — Mycose rénale chez une carpe commune. C. R. Soc. Biol. 55, p. 1313—1314.

WALKER, R. — 1951 — Mycetoma in a landlocked Salmon. Anat. Rec. (Abstracts) 111, p. 531.



Inhaltsverzeichnis

Band IV, Heft 1